

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Jure Bergant

**Uporaba strojnega učenja za
določanje spremljevalnih akordov iz
osnovne melodije**

DIPLOMSKO DELO
UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: prof. dr. Igor Kononenko
SOMENTOR: izr. prof. dr. Zoran Bosnić

Ljubljana, 2014

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja in somentorja.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil \LaTeX .

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Naloga je razviti in preiskusiti sistem za napovedovanje spremljevalnih akordov za spremljavo osnovne melodije. Pri tem je treba določiti izbrano množico značilnk, ki melodijo opisujejo. Poleg simboličnega opisa melodije lahko uporabite tudi lastnosti, kot so npr. mol/dur, 3/4 ali 4/4 takt ipd. Kandidat naj pregleda področje določanja akordov za spremljavo osnovne melodije. V diplomski nalogi naj predlaga in preizkusi pristop za gradnjo modela z algoritmi strojnega učenja. Pri tem si lahko pomaga tudi z naknadnim “glašenjem” zaporedja spremljevalnih akordov. Kandidat naj pretestira razviti sistem na različnih učnih množicah melodij.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Jure Bergant, z vpisno številko **63010007**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Uporaba strojnega učenja za določanje spremljevalnih akordov iz osnovne melodije

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom prof. dr. Igorja Kononenka in somentorstvom izr. prof. dr. Zorana Bosnića,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 31. maja 2015

Podpis avtorja:

Zahvaljujem se vsem, ki so kakorkoli pripomogli k ustvarjanju tega dela. Posebne zahvale namenjam mentorjema, prof. dr. Igorju Kononenku in izr. prof. dr. Zoranu Bosniću, ki sta mirno odgovarjala na še tako neumestna vprašanja, sodelavcem iz Biolaba, za odgovore na še bolj neumestna vprašanja, Igorju Bračiču, ki mi je pred leti poklonil knjigo "Machine Musicianship" in s tem pripomogel k mojim prvim korakom na tem področju, učitelju kontrabasa Mateju Hotku, za vse glasbeno znanje, ki mi ga je tako ljubeznivo predajal, učitelju taijiquana Žigi Tršarju, ki me uči sproščanja v najbolj napetih trenutkih, Klari Nahtigal, za vse, Rudiju, za spremljavo na vseh sprehodih, in Nini.

Posvečeno Marjanu in Mileni.

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
2	Obstoječi sistemi za določanje spremljevalnih akordov	5
3	Priprava vhodnih podatkov	9
3.1	Datoteke MIDI	9
3.2	The Beatles Annotations	10
3.3	Zbirka podatkov	11
4	Učenje in ocenjevanje uspešnosti	13
4.1	Postopek gradnje učnih primerov	13
4.1.1	Normalizacija akordov in melodije	13
4.1.2	Poenostavljanje akordov	14
4.1.3	Poenostavljanje melodije	15
4.1.4	Končni izbor iz zbirke podatkov	15
4.2	Delitev podatkov na učne in testne primere	15
4.3	Primerjanje algoritmov strojnega učenja	17
4.4	Opis parametrov uporabljenih algoritmov	18
4.4.1	Večinski razred	18
4.4.2	Naivni Bayesov klasifikator	18
4.4.3	K-najbližjih sosedov	19

KAZALO

4.4.4	Metoda naključnih gozdov	19
4.4.5	Prva različica metode podpornih vektorjev	20
4.4.6	Druga različica metode podpornih vektorjev	20
4.4.7	Tretja različica metode podpornih vektorjev	21
4.4.8	Naivni Bayesov klasifikator z boostingom	21
4.4.9	K-najbližjih sosedov z boostingom	22
4.5	Različice učnih primerov	22
4.5.1	Opis melodije	24
4.6	Rezultati primerjave modelov učnih primerov	26
5	Sklepne ugotovitve in nadaljnje delo	39
A	Tabele	41

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
CA	classification accuracy	klasifikacijska točnost
AUC	area under ROC curve	ploščina pod krivuljo ROC

Povzetek

Z uporabo strojnega učenja se napovedujejo spremljevalni akordi za spremljavo osnovne melodije. Na zbirki skladb skupine The Beatles je primerjana uspešnost napovedovanja akordov z izbranimi algoritmi strojnega učenja. Vhodni podatki so datoteke MIDI. Zgradi se več različic učnih primerov, ki na različne načine opisujejo skladbo. Zgradi se nova datoteka MIDI, ki omogoča poslušanje izvirne melodije skladbe z napovedanimi akordi sistema. Za izbrano skladbo uspešno napovemo spremljevalne akorde, za splošno uporabo bi opisana metoda potrebovala izboljšave.

Ključne besede: strojno učenje, primerjanje, spremljevalni akordi, osnovna melodija, MIDI, The Beatles.

Abstract

This work uses machine learning for determining accompanying chords from main melody. The results of machine learning algorithms trained on music of The Beatles are compared. The music is given in MIDI format. Different versions of training examples are used to build models and the results are compared. A MIDI file containing the melody from original song with the predicted accompanying chords as predicted by the developed system is built. The predicted accompanying chords for the selected song are satisfying. The method used in this work could be used for building an end-user application, although it would need further optimization.

Keywords: machine learning, comparison, accompanying chords, main melody, MIDI, The Beatles.

Poglavje 1

Uvod

V diplomskem delu je predstavljeno področje določanja spremljevalnih akordov iz osnovne melodije skladbe in prikazan eden od možnih pristopov pri spopadanju s tovrstno uporabo strojnega učenja in njenimi posebnostmi.

Strojno učenje se vedno bolj uveljavlja ne samo v akademsko-raziskovalnih krogih, temveč tudi v aplikacijah, ki dosežejo končne uporabnike. Strojno učenje se uporablja tudi na področju računalniške obdelave glasbe v različne namene: od analize harmonske strukture glasbe [1], primerjave kvantitativnih in kvalitativnih značilnosti različnih skladateljev [1], samodejnega generiranja spremljave glasbenika pri igranju inštrumenta [2], do samodejne sinteze glasbe in samodejne harmonizacije na osnovi podanih značilk [3]. Pojavi se vprašanje, kakšni so v resnici rezultati tovrstnih uporab: so primerni za končnega uporabnika — z glasbenimi ambicijami — ali so primerni zgolj za bolj “številsko” usmerjenega računalničarja?

Zaradi vedno lažjega zajemanja multimedijskih vsebin (vsak danes kupljeni mobilni telefon je sposoben zajemanja zvočnih, slikovnih in video posnetkov z možnostjo takojšnje objave) in uporabe svetovnega spleta za objavljanje vsebin na blogih, socialnih omrežjih in preko spleta dostopnih podatkovnih bazah (npr. SoundCloud [4]), si danes vedno več uporabnikov želi dodati bolj osebno noto, npr. z dodajanjem glasbe pri montiranju videoposnetkov, ki so jih zajeli sami. Pojavi se problem avtorskih pravic, ki

onemogoča uporabo popularne glasbe kar vsepovprek, ter seveda želja uporabnika po izražanju preko lastnih skladb — za kar pa mora povprečen človek porabiti kar lepo vrsto let, da doseže nivo znanja in izkušenj, potrebnih za smiselno izražanje skozi glasbo. Če tega znanja nima, mu je lahko v veliko pomoč računalniški sistem, ki je sposoben določanja spremljevalnih akordov ali generiranja datoteke v glasbenem zapisu MP3 s pomočjo vhodnih značilk, ki jih lahko določi prav vsakdo, ki zna uporabljati računalnik do te mere, da lahko nekaj objavi na svetovnem spletu.

V tem delu je opravljena primerjava rezultatov učenja različnih algoritmov strojnega učenja, ki so se učili na množici skladb skupine The Beatles, s pomočjo odprto-kodnega programskega paketa Orange [5]. Na množici podatkov skupine The Beatles je bilo narejenih že več raziskav in analiz, katerih rezultati so bili v veliko pomoč pri izdelavi tega dela, predvsem pri predpripravi učnih podatkov. S pomočjo algoritmov strojnega učenja je možno razviti sistem, ki generira spremljevalne akorde iz melodije, ki jo uporabnik npr. zažvižga v svojo najljubšo napravo za zajemanje zvoka.

Sistem, ki je bil naučen na določeni zbirki skladb, je sposoben napovedovanja spremljevalnih akordov, s pomočjo katerih se lahko ustvari skladba, ki je podobna tej zbirki. Sistem je lahko že vnaprej naučen določenih glasbenih stilov, možen pa je tudi razvoj sistema, kjer uporabnik sam izbere zbirko skladb, npr. vse svoje najljubše skladbe ali skladbe, ki izražajo zeleni občutek, sistem pa potem prikaže uporabniku kateri akordi naj se uporabijo za ustvarjanje lastne glasbe.

Prispevek tega dela je določanje značilk, na osnovi katerih se posamezne skladbe pretvorijo v vhodne podatke, na katerih se učijo različni algoritmi strojnega učenja ter potem primerjajo mere uspešnosti tega učenja. Množica skladb je bila podana v zapisu MIDI [6], iz katerega se lahko programsko izloči melodijo in harmonijo. Za izboljšanje točnosti vhodnih podatkov in s tem rezultatov je bila uporabljena preko svetovnega spleta dostopna podatkovna baza “The Beatles Annotations” [7], iz katere so bili uporabljeni podatki o akordih in glasbenem ključu skladb. Podatki so bili prilagojeni uporabljenim

datotekam MIDI, in potem skupaj združeni v učne primere. S pomočjo programskega paketa Orange se je naredila primerjava različnih algoritmov na tej množici podatkov.

Poglavje 2

Obstoječi sistemi za določanje spremljevalnih akordov

V področje določanja spremljevalnih akordov se uvršča aplikacija Band-In-A-Box [8]. V osnovnem principu uporabniku omogoča vnos podatkov preko notnega zapisa, torej akorde in melodijo, s pomočjo katerih potem samodejno ustvari različico skladbe v izbranem slogu. Definirani so slogi, preko katerih aplikacija ustvarja različne “preobleke” vnesenih akordov, z npr. ritmičnimi posebnostmi ali izbirami inštrumentov. Aplikacija ponuja tudi možnost reharmonizacije vnesenih akordov in določanja akordov glede na podano melodijo, za kar pa spet uporablja vnaprej določene definicije stilov in ima že vključeno znanje glasbene harmonije za določanje spremljevalnih akordov. Aplikacija se torej ne nauči novih pravil glede na podane vhodne podatke — to znanje ima lahko vnaprej programirano ali pa ga vnese uporabnik z ustvarjanjem svojih stilskih pravil.

Korak dalje gre aplikacija SongSmith [3], katere implementacija je podrobneje opisana v [9]. Aplikacija ob ritmični spremljavi (metronom) zajame zvok preko mikrofona, v katerega uporabnik zapoje vokalno melodijo. Ko je zvočni zapis posnet, aplikacija določi spremljevalne akorde na podlagi značilk, ki jih določi uporabnik. V ta namen uporabniški vmesnik ponuja dva drsnika, imenovana “Jazz factor” in “Happy factor”. Prvi drsni omogoča variacijo

zaporedja spremljevalnih akordov med tradicionalnimi in bolj nekonvencionalnimi. Drugi drsnik variira zaporedje spremljevalnih akordov med durovskim in molovskim načinom. Aplikacija uporablja skriti markovski model za določanje spremljevalnih akordov iz vokalne melodije. Model je bil naučen na 298 skladbah iz več popularnih stilov glasbe (pop, rock, R&B, jazz, country). Aplikacija poenostavi vse uporabljene akorde na enega od 62 različnih tipov ter transponira vse skladbe v C-dur pred učenjem modela.

Članek z naslovom “An Artificial Neural Net for Harmonizing Melodies” [10] opisuje pristop z uporabo hierarhije nevronske mreže (Jordan’s sequential neural net). Problem se razdeli na dva podproblema — prva mreža obravnava po eno dobo naenkrat (brez upoštevanja sosednjih dob oz. konteksta) in se nauči prepoznavanja not, ki so del lestvice ključa. Zatem pa se s pomočjo tako dobljenih informacij, ki se uporabijo kot uteži, druga mreža nauči zaporedja akordov. Zaradi lažjega reševanja problema so vse skladbe v istem ključu. Učenje je potekalo na 18 skladbah z preprostimi melodijami, ki jih je sposoben zaigrati otrok po dveh letih učenja orgel.

Drugačna, a vseeno za naše področje zanimiva raziskava, je opisana v članku z naslovom “Chordal Evaluation in MIDI-Based Harmonic Analysis: Mozart, Schubert, and Brahms” [1]. Zanimiva je z vidika uporabe datotek MIDI za vhodne podatke. V zapisu MIDI je višina note določena številsko in v nasprotju z notnim zapisom ali zapisom MusicXML [12] ne razloča med enharmoničnimi toni (C# je zapisan z istim številom kot Db), kar otežuje harmonsko analizo — a to dejstvo nima ključnega vpliva na poslušalčevo dožemanje glasbe, saj za razpoznavanje stabilnosti in sprememb v tonalnih kontekstih ne potrebuje vedenja o ključu skladbe. Prav tako sistem, ki napoveduje akorde iz osnovne melodije, podane preko zapisa MIDI, ni zaradi tega nič prikrajšan, ker se ne poslužuje glasbeno-teoretičnega znanja, temveč se opira na statistično-verjetnostne značilnosti vhodnih podatkov. Za napovedani akord je torej vseeno, kako se bo poimenoval znotraj sistema (verjetno bo zapisan celo kot število), saj si poslušalec harmonski kontekst ustvari enako, ne glede na poimenovanje akordov.

Veliko raziskav s področja računalniške obdelave glasbe se ukvarja z označevanjem (labeling) akordov v skladbi in segmentacijo na različne dele — teme in motive [11], takte, dobe. V tem diplomskem delu tovrstno razčlenjevanje ni bilo potrebno, saj zapis MIDI že vsebuje informacije o trajanju posameznih not in tempu, na podlagi česar se zlahka programsko razčleni skladbo na dobe in takte. Posamezni motivi in teme pa za reševanje problema tega dela niso bili upoštevani.

Poglavje 3

Priprava vhodnih podatkov

Algoritmi strojnega učenja se učijo iz učnih primerov. V primeru zbirke podatkov, uporabljene v diplomskem delu, je bilo potrebno te podatke najprej “sestaviti” skupaj. Datoteka MIDI sicer vsebuje tako melodični kot harmonski zapis, vendar je bila namesto harmoniskega zapisa raje uporabljena podatkovna baza The Beatles Annotations, ki je bila večkrat preverjena in uporabljena, iz česar lahko sklepamo o večji natančnosti teh podatkov.

3.1 Datoteke MIDI

Uporabljene so bile datoteke MIDI, ki so dostopne preko svetovnega spleta. Objavljenih je veliko različnih, tako ustreznih kot neustreznih, različic skladb. Datoteke MIDI so bile ročno pregledane za ustreznost — pri tem je bila kot referenca uporabljena knjiga notnih zapisov “The Beatles Complete Scores” [13]. Potek postopka:

1. Za vsako skladbo smo odprli notni zapis.
2. Odprli smo datoteko MIDI v aplikaciji Reaper [14] (možna je uporaba katerekoli druge aplikacije, ki podpira urejanje datotek MIDI), kjer je omogočen vizualni pregled posameznih sledi. Izberemo sled, ki vsebuje melodijo in jo premaknemo na prvo mesto. Izmed preostalih sledi izberemo tiste, ki opisujejo harmonijo (zaigrana je lahko na klavir, kitaro

ali kakšen drug inštrument) in jih po potrebi združimo v eno sled, ki se shrani na drugo mesto. Vse preostale sledi izbrišemo. To je obvezna ureditev, kot jo pričakuje aplikacija za tvorjenje učnih primerov, torej: prva sled vsebuje melodijo, druga sled vsebuje harmonijo.

3. Tako dobljena datoteka MIDI se kasneje razčleni programsko, s pomočjo knjižnice `music21` [15]. Razčlenjena je na posamezne dobe, za vsako dobo pa je izpisana informacija o melodiji in akordu.

3.2 The Beatles Annotations

Zaradi večje natančnosti harmonskega zapisa je bila uporabljena podatkovna baza The Beatles Annotations. Vsebuje več različnih informacij o vseh skladbah:

- strukturna segmentacija (vsebuje razdelitev skladbe po delih: uvod, kitica, refren),
- ključ,
- akordi in
- dobe (vsebuje razdelitev skladbe na posamezne dobe).

Vse informacije so razporejene po časovnih odmikih znotraj skladbe, podanih v sekundah. Datoteke so oblike:

začetni-čas končni-čas oznaka

Za potrebe izgradnje zbirke podatkov smo združili informaciji o dobah in akordih. Za vsako skladbo je tako nastala datoteka, ki je vsebovala informacijo, v katerih dobi je zaigran določen akord. The Beatles Annotations vsebuje podatke o skladbah iz studijskih albumov, podanih v tabeli 4.2. Skupaj vsebuje 180 skladb.

doba	akord_TBA	akord_MIDI	melodija_MIDI
6-2	[E]	[E7/B]	[B 11 1.500 0.500]
6-3	[E]	[E7/D]	[D 2 2.000 0.500; E 4 2.500 1.000]
7-3	[E]	[E7/B]	[E 4 2.000 0.500; D 2 2.500 1.000]

Tabela 3.1: Primer iz zbirke podatkov

3.3 Zbirka podatkov

Datoteka MIDI in datoteka z dobami in akordi sta bili združeni v novo datoteko, katere vrstice so razdeljene v dobe. Oblika tako združene datoteke je

```
doba akord_TBA akord_MIDI melodija_MIDI
```

kjer je vsebina polja `akord_TBA` dobljena iz The Beatles Annotations, vsebina polj `doba`, `akord_MIDI` in `melodija_MIDI` pa iz datoteke MIDI. Polje `doba` je oblike `t-d`, kjer je `t` zaporedna številka takta v skladbi, `d` pa zaporedna številka dobe znotraj takta. Za vsako noto v melodiji so podani podatki o imenu tona (name; npr. C, C#, D...), višini tona (pitch class; število med 0 in 11), odmiku note od začetka trenutnega takta (offset) ter dolžini note. Odmik in dolžina sta izražena v četrtninah (quarter length) — primer: če je nota dolga eno četrtniko je njena dolžina enaka 1, če je nota dolga eno osminko je njena dolžina enaka 0.5. Tabela 3.1 prikazuje primer iz zbirke podatkov. Npr. v drugi vrstici sta v melodiji prisotna dva tona: ton D, katerega pitch class vrednost je 2, vrednost offset je 2.000, vrednost quarter length je 0.500 in ton E, katerega pitch class vrednost je 4, vrednost offset je 2.500 in vrednost quarter length je 1.000.

Datoteka MIDI ni bila nujno v istih časovnih okvirih kot podatki iz The Beatles Annotations—lahko je bila zamaknjena za določeno časovno obdobje. Prav tako ni bilo možno v vseh primerih programske razločiti zaigranega akorda. Zato so bile skladbe ročno umerjene, tako da so se akordi iz The Beatles Annotations časovno oz. po dobah ujemali z akordi in melodijo

iz razčlenjene datoteke MIDI. Pri tem je pomagala knjiga notnih zapisov in akordi, dobljeni iz datoteke MIDI, ki so bili uporabljeni za lažjo (brez časovno potratnega poslušanja) poravnano akordov iz obeh datotek. Od tu dalje se akordi, dobljeni iz MIDI datoteke, ne uporabljajo več. Za nadaljnjo uporabo sistema bi se lahko ta del izboljšal, da bi lahko samostojno prepoznal akord ali pa bi se uporabile datoteke MIDI, kjer so akordi bolj razločno zapisani.

Poglavje 4

Učenje in ocenjevanje uspešnosti

Iz zbirke podatkov se zgradijo učni primeri, na katerih se učijo algoritmi strojnega učenja. Na podlagi analize mer uspešnosti se odločimo za najbolj uspešen klasifikator.

4.1 Postopek gradnje učnih primerov

Algoritmi strojnega učenja se učijo uvrščanja posameznih dob melodije v enega od razredov — akordov. Za boljše rezultate je potrebno zmanjšati število razredov. To storimo s poenostavljanjem in normalizacijo akordov in melodije.

4.1.1 Normalizacija akordov in melodije

Vse skladbe lahko transponiramo v en sam ključ — na ta način ne izgubimo nobene informacije, zmanjšamo pa število različnih učnih primerov, ki bi opisovali enako funkcijo v glasbi. Seveda se mora skupaj z akordi transponirati tudi melodija. Normalizacija torej v tem primeru pomeni transponiranje skladb v ključ C-dur. Zaradi poenostavljanja problema je prvotni seznam skladb omejen na tiste, ki so v durovski lestvici. Izločene so bile

tudi skladbe, ki zamenjajo več ključev. Pred normalizacijo je bilo v vseh skladbah iz zbirke podatkov 191 različnih akordov. Po normalizaciji ostaja 178 različnih akordov. Število razredov se s tem ni bistveno zmanjšalo, se je pa povečalo število učnih primerov, ki napovedujejo določen razred, s čimer se izboljša uspešnost klasifikacije.

4.1.2 Poenostavljanje akordov

Ker je 191 razredov prevelik zalogaj za uvrščanje, so bili akordi tudi poenostavljeni. Tabela 4.1 prikazuje kako je bila poenostavljena kvaliteta akorda. Tabela prikazuje pogoje v stavku `if-elif-else`¹, kar pomeni, da pravilno poenostavi npr. akord `Cminmaj7` (molovski akord z veliko septimo) v `Cmin`.

Kvaliteta	Primer akorda	Poenostavljeno	Št. primerov
sus2	Csus2(b7)	Csus2	44
sus4	Csus4(9)	Csus4	127
aug	Caug	Caug	55
dim	Chdim7, Cdim7	Cdim	102
min	Cmin7, Cmin9, Cminmaj7	Cmin	1108
maj	Cmaj7, Cmaj9, Cmaj6/b9	Cmaj	5991
“drugo”	C, C/6, C/7	Cmaj	

Tabela 4.1: Poenostavljanje kvalitete akorda

Število primerov akordov, ki po poenostavljanju niso v duru ali molu, je zelo majhno. Primeri s takimi akordi so izločeni iz učne množice. Tako ostane 24 možnih razredov, dejanski pregled pa pokaže, da je možnih razredov 23. Po opravljeni poenostavitvi in normalizaciji se nikjer v zbirki skladb ne pojavi akord `Bmaj`.

Izločijo se tudi vse dobe, ki nimajo akorda. Vsi enharmonični akordi se pretvorijo v zvišane akorde (npr. `Db` v `C#`). S tem se tudi zmanjša število razredov za napovedovanje in poveča število učnih primerov, ki se uvrstijo

¹V programskem jeziku Python

v isti razred. Možno bi bilo pretvoriti vse akorde in tone v števila iz razpona 0 do 11, vendar se je zaradi lažje berljivosti učnih primerov ohranila predstavitev s črkami.

4.1.3 Poenostavljanje melodije

Če se v melodiji pojavi več not hkrati — z istim odmikom; večglasje — se vzame nota z najmanjšo vrednostjo pitch class. Tako kot pri akordih se vsi enharmonični toni pretvorijo v zvišane tone. Če melodija ni prisotna, se doba izloči iz zbirke podatkov.

4.1.4 Končni izbor iz zbirke podatkov

Število vseh skladb, ki se po upoštevanju vseh zgornjih kriterijev uvrstijo v končni izbor za gradnjo učnih primerov, je 73. V končnem izboru ni nobene skladbe z albuma “Sgt. Pepper’s Lonely Hearts Club Band”. Število skladb iz posameznega albuma je prikazano v tabeli 4.2. Za gradnjo učnih primerov je na voljo 22112 podatkov o dobah. Pri gradnji različic učnih primerov ostane primernih različno število dob, podrobnosti so zapisane pri opisu različic učnih primerov. Učni primeri so razporejeni v 23 razredov.

4.2 Delitev podatkov na učne in testne primere

Vsi učni primeri za posamezno skladbo so shranjeni v svoji datoteki. Izmed učnih primerov se izberejo testni primeri:

1. Za vsak album se po vrsti izbere ena skladba, katere učni primeri postanejo testni primeri.
2. Vsi algoritmi, ki se primerjajo, se naučijo na preostalih učnih primerih.
3. Izbrani testni primeri se uporabijo za ocenjevanje uspešnosti klasifikacije.

Oznaka	Naslov albuma	Št.skladb
01	Please Please Me	11
02	With the Beatles	8
03	A Hard Day's Night	4
04	Beatles for Sale	9
05	Help!	6
06	Rubber Soul	5
07	Revolver	7
08	Sgt. Peppers's Lonely Hearts Club Band	0
09	Magical Mystery Tour	4
101	The Beatles (The White Album)	7
102	The Beatles (The White Album)	3
11	Abbey Road	3
12	Let It Be	6

Tabela 4.2: Seznam albumov v zbirki podatkov. Zadnji stolpec predstavlja število skladb, ki so se uvrstile v končni izbor iz zbirke podatkov.

Postopek se ponovi za vse skladbe iz albuma. Če ima album K skladb na ta način dobimo K testnih množic za vsak album. Celoten postopek se ponovi za vse albume.

4.3 Primerjanje algoritmov strojnega učenja

Albumi se med seboj stilsko precej razlikujejo — od začetnih bolj bluesovsko naravnanih, do vmesnih rock-erskih, eksperimentalno-psihadeličnih do pop-glasbe. Zato posamezne albume obravnamo kot različne podatkovne množice. Uporabljen je pristop za primerjavo mer uspešnosti na večih podatkovnih množicah, za vsako podatkovno množico se izračuna povprečje mer uspešnosti, kot je opisano v razdelku 4.2. Algoritmi in učne različice se primerjajo za vsak album posebej.

Seznam primerjanih algoritmov je prikazan v tabeli 4.3. Primerjata se klasifikacijska točnost (CA) in ploščina pod krivuljo ROC (AUC).

Večinski razred	maj
Naivni Bayesov klasifikator	by
K-najbližjih sosedov	kn
Metoda naključnih gozdov	rf
Prva različica metode podpornih vektorjev	svml
Druga različica metode podpornih vektorjev	svm
Tretja različica metode podpornih vektorjev	svme
Naivni Bayesov klasifikator z boostingom	bsby
K-najbližjih sosedov z boostingom	bskn

Tabela 4.3: Primerjani algoritmi strojnega učenja in okrajšave, ki so uporabljene v tabelah.

4.4 Opis parametrov uporabljenih algoritmov

Izbrani algoritmi so del programskega paketa Orange. Večina se nahaja v modulu `Orange.classification` [17], razen različic, ki uporabljajo boosting in metoda naključnih gozdov, ki so bili zgrajeni s pomočjo modula `Orange.ensemble` [18]. Večinoma so bili uporabljeni privzeti parametri algoritmov.

4.4.1 Večinski razred

`Orange.classification.majority.MajorityLearner` je klasifikator večinskega razreda, ki uvrsti vse primere v večinski razred. Uporabljen je kot spodnja meja uspešnosti, ki naj bi jo ostali klasifikatorji presegli.

Parameter	vrednost	opis
<code>e_c</code>	<i>RelativeFrequency</i>	način ocenjevanja verjetnostne porazdelitve

Tabela 4.4: Uporabljeni parametri za večinski razred. `e_c` — estimator_constructor. *RelativeFrequency* uporabi relativne frekvence razredov.

4.4.2 Naivni Bayesov klasifikator

Bayesov klasifikator izračuna pogojne verjetnosti za vsak razred pri danih vrednostih atributov. Naivni Bayesov klasifikator predpostavi pogojno neodvisnost atributov pri danem razredu. Uporabljen je razred `Orange.classification.bayes.NaiveLearner`.

Parameter	vrednost	opis
<code>m</code>	θ	m-ocena za ocenjevanje pogojnih verjetnosti
<code>c_e_s</code>	<i>RelativeFrequency</i>	način ocenjevanja pogojnih verjetnosti

Tabela 4.5: Uporabljeni parametri za naivni Bayesov klasifikator. `c_e_s` — `conditional_estimator_constructor`. *RelativeFrequency* uporabi relativne frekvence razredov.

4.4.3 K-najbližjih sosedov

`Orange.classification.knn.kNNLearner` je klasifikator z najbližjimi sosedi, ki pri uvrščanju preišče K najbližjih sosedov in uvrsti primer v razred, kateremu pripada največ bližnjih sosedov.

Parameter	vrednost	opis
<code>k</code>	<i>koren števila</i>	število najbližjih sosedov, ki
	<i>učnih primerov</i>	se uporabijo za uvrščanje

Tabela 4.6: Uporabljeni parametri za K-najbližjih sosedov.

4.4.4 Metoda naključnih gozdov

Metoda naključnih gozdov `Orange.ensemble forest.RandomForestLearner` izboljšuje napovedno točnost drevesnih algoritmov. Metoda generira zaporedje odločitvenih dreves, tako da se pri izbiri najboljšega atributa v vsakem vozlišču naključno izbere relativno majhno število atributov, ki vstopajo v izbor za najboljši atribut.

Parameter	vrednost	opis
trees	<i>100</i>	število dreves v gozdu
attributes	<i>koren</i>	število naključno izbranih atributov,
	<i>števila</i>	med katerimi se izbere najboljšega za
	<i>atributov</i>	delitev podatkov v vozlišča

Tabela 4.7: Uporabljeni parametri za metodo naključnih gozdov.

4.4.5 Prva različica metode podpornih vektorjev

`Orange.classification.svm.LinearSVMClassifier` je hitra različica metode podpornih vektorjev, primerna za podatkovne zbirke z velikim številom atributov. Njena slabost je, da podpira samo linearno jedrno funkcijo in ne omogoča ocenjevanja verjetnosti pojavitev.

Parameter	vrednost	opis
solver_type	<i>L2R_L2Loss_SVC_Dual</i>	podrobnosti v LIBLINEAR [16]
C	<i>1.0</i>	regularizacijski parameter
eps	<i>0.001</i>	zaključitveni kriterij
normalization	<i>True</i>	normalizacija vh. pod. v interval [0, 1]

Tabela 4.8: Uporabljeni parametri za prva različico metode podpornih vektorjev.

4.4.6 Druga različica metode podpornih vektorjev

`Orange.classification.svm.SVMClassifier` je splošna različica metode podpornih vektorjev. Podporni vektorji so tisti učni primeri, ki so najbližje hiperravnini in na ta način določajo rob okoli hiperravnine. S hiperravnino se ločijo primeri iz različnih razredov. Naloga učnega algoritma je izračunati vrednosti koeficientov vnaprej podane diskriminantne funkcije, ki predstavlja hiperravnino med različnimi razredi.

Parameter	vrednost	opis
<code>svm_type</code>	<i>Nu_SVC</i>	tip optimizacije algoritma
<code>kernel_type</code>	<i>RBF</i>	tip jedrne funkcije
<code>nu</code>	<i>0.5</i>	paramater Nu
<code>eps</code>	<i>0.001</i>	toleranca zaključitvenega kriterija
<code>probability</code>	<i>True</i>	gradnja verjetnostnega modela
<code>shrinking</code>	<i>True</i>	uporaba skrčitvene heuristike
<code>normalization</code>	<i>True</i>	normalizacija vhodnih podatkov v interval [0, 1]

Tabela 4.9: Uporabljeni parametri za drugo različico metode podpornih vektorjev.

4.4.7 Tretja različica metode podpornih vektorjev

Različica `Orange.classification.svm.SVMLearnerEasy` vsebuje normalizacijo podatkov in optimizacijo parametrov.

Parameter	vrednost	opis
<code>folds</code>	<i>4</i>	parameter K za K-kratno prečno preverjanje

Tabela 4.10: Uporabljeni parametri za tretjo različico metode podpornih vektorjev.

4.4.8 Naivni Bayesov klasifikator z boostingom

Boosting `Orange.ensemble.boosting.BoostedLearner` je zasnovan na ideji uteževanja učnih primerov glede na njihovo težavnost. Če učni algoritem ne zna obravnavati uteženih učnih primerov, se uteževanje simulira tako, da se generira serija različnih učnih množic, iz katere se naključno izbira primer z vračanjem. Nad vsako tako generirano učno množico se požene izbrani učni algoritem, v tem primeru naivni Bayesov klasifikator iz razdelka 4.4.2.

Parameter	vrednost	opis
learner	<i>Naivni Bayesov klasifikator</i>	osnovni učni algoritem
t	<i>10</i>	število boost-anih klasifikatorjev

Tabela 4.11: Uporabljeni parametri za naivni Bayesov klasifikator z boostingom.

4.4.9 K-najbližjih sosedov z boostingom

Na podoben način kot naivni Bayesov klasifikator se zgradijo množice učnih primerov, na katerih se tokrat požene klasifikator K-najbližjih sosedov iz razdelka 4.4.3.

Parameter	vrednost	opis
learner	<i>K-najbližjih sosedov</i>	osnovni učni algoritem
t	<i>10</i>	število boost-anih klasifikatorjev

Tabela 4.12: Uporabljeni parametri za K-najbližjih sosedov z boostingom.

4.5 Različice učnih primerov

Iz izbranih skladb se zgradi več različic učnih primerov. Vse različice na enak način opisujejo melodijo. Način opisovanja melodije je razložen pri različici 1. Vsaka oznaka različice je sestavljena iz zaporedne številke in ene ali več črk, ki opisujejo attribute različice. Zaporedna številka pove, koliko dob pred ciljno dobo, za katero se napoveduje akord, je zajetih v učnem primeru:

- 1 — 1 doba
- 2 — 5 dob
- 3 — 9 dob
- 4 — 13 dob

- 5 — 17 dob

Razlaga črk:

- a — atributi vsebujejo podatke o akordih za vse zajete dobe.
- d — prisoten je atribut, ki vsebuje podatek o dobi znotraj takta (pri 4/4 taktu je vrednost med 1 in 4)
- ad — vsebuje oba podatka — o akordih za vse dobe in o dobi znotraj takta
- brez črke — ne vsebuje zgoraj opisanih atributov

Nekaj primerov:

- Različica 2 zajema 5 dob in vsebuje akord za ciljno (peto) dobo ter melodijo za vseh 5 dob.
- Različica 2a zajema 5 dob in vsebuje akorde za vse dobe ter melodijo za vseh 5 dob.
- Različica 2d zajema 5 dob in vsebuje podatek o dobi znotraj takta za 5. dobo.
- Različica 2ad zajema 5 dob, vsebuje akorde za vse dobe in podatek o dobi znotraj takta za 5. dobo.

Skupaj se tako zgradi 18 različic učnih primerov. Pri različici 1 ne obstajata 1a in 1ad, ker so vsi podatki zajeti že v 1 in 1d, saj ta različica zajema samo eno dobo.

Število učnih primerov, zgrajenih za vsako različico, se zaradi različnega števila zajetih dob razlikuje. Tabela 4.13 prikazuje podrobnosti.

4.5.1 Opis melodije

Oblika prve različice vzorca treh učnih primerov je prikazana v tabeli 4.14, v kateri so učni primeri zgrajeni iz podatkov, ki so prikazani v tabeli 3.1. Učni primeri so normalizirani in poenostavljeni, zato se podatki na prvi pogled razlikujejo. Vsak učni primer predstavlja eno dobo, torej skupno dolžino eno četrтинko. Melodija iz zbirke podatkov v učnem primeru napolni do 4 stolpce. Vsak stolpec predstavlja eno šestnajstinko znotraj dobe. Primeri:

- Če je melodija sestavljena iz ene same četrтинke, se razteza čez celotno dobo. Vsi štirje stolpci se napolnijo s tonom te četrтинke.
- Če je melodija sestavljena iz dveh osmink, ton prve osminke zapolni prva dva stolpca, ton druge osminke zapolni tretji in četrti stolpec.
- Če je melodija sestavljena iz ene osminke, ki se prične na odmiku 0,5 (to je pol četrтинke) znotraj dobe, potem sta prva dva stolpca prazna, tretji in četrti stolpec pa zapolni ton osminke.

Torej prvi podatek iz tabele 3.1, kjer se prične ton z odmikom 0,5 znotraj druge dobe in traja 0,5 četrтинke, napolni tretji in četrti stolpec v tabeli 4.14. Prva dva stolpca sta prazna. Tako se ohrani informacija o pričetku in o trajanju tona. Upoštevane so tudi pavze oz. z drugimi besedami, odsotnost tona.

Na enak način so zgrajeni tudi ostali učni primeri, razlikujejo se v številu polj

Različica	število učnih primerov
1	7099
2	12972
3	14198
4	14339
5	14317

Tabela 4.13: Število učnih primerov za posamezne različice.

1.slot	2.slot	3.slot	4.slot	chord
		G	G	Cmaj
Bb	Bb	C	C	Cmaj
C	C	Bb	Bb	Cmaj

Tabela 4.14: Različica 1 učnih primerov

slot_1 do slot_4. V različici 5, ki opisuje največ dob, so prisotni slot_1 do slot_68.

4.6 Rezultati primerjave modelov učnih primerov

V tabelah 4.15 in 4.16 so prikazani povprečni CA in AUC za posamezne algoritme, zbrani za vse različice učnih primerov. Povprečni CA je izračunan kot povprečje vrednosti CA po vseh albumih. Torej, primerja se uspešnost algoritma preko vseh albumov. Najvišja vrednost v tej tabeli pripada modelu, ki se je na vseh albumih v povprečju najbolje odrezal. Za CA je najvišja vrednost 0.494, ki je bila dosežena s tretjo različico algoritma metode podpornih vektorjev (svme), naučenega na različici 3ad učnih primerov. Za AUC je najvišja vrednost 0.716, ki je bila dosežena s prvo različico metode podpornih vektorjev (svml), ki je bila naučena na različici 2ad učnih primerov. Iz zadnjega stolpca v tabelah 4.15 in 4.16 lahko razberemo, da sta se različici učnih primerov 2ad in 3ad v obeh merah v povprečju obnesli najboljše. Za primerjavo dodamo še algoritma, ki sta se v povprečju — preko vseh različic učnih primerov — odnesla boljše kot različici podpornih vektorjev. To sta algoritem naključnih gozdov (najvišji povprečni CA) ter naivni Bayesov algoritem z boostingom (najvišji povprečni AUC). Tabela 4.19 prikazuje najvišje mere algoritmov in različice na katerih so bile dosežene. Tabela vsebuje tudi odsotek večinskega razreda (stolpec “maj”).

Alg	Rzl	CA	AUC	maj
svme	3ad	0.494	0.591	0.355
svml	2ad	0.480	0.716	0.353
rf	4a	0.362	0.452	0.359
bsby	3a	0.355	0.627	0.355

Tabela 4.19: Mere uspešnosti za izbrane modele.

Želimo oceniti, koliko nam te številke opisujejo poslušljivost skladbe, ki uporablja tako napovedane akorde. Zato si izberemo skladbo, za katero napovemo akorde z vsemi štirimi algoritmi, ter jih nato primerjamo.

Rzl	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
1	0.357	0.213	0.257	0.349	0.289	0.124	0.136	0.167	0.226	0.235
1d	0.357	0.224	0.251	0.332	0.272	0.172	0.173	0.187	0.243	0.246
2	0.353	0.197	0.262	0.353	0.238	0.295	0.275	0.172	0.264	0.268
2a	0.353	0.369	0.399	0.354	0.480	0.437	0.451	0.357	0.382	0.398
2d	0.353	0.202	0.261	0.353	0.238	0.292	0.280	0.183	0.252	0.268
2ad	0.353	0.374	0.420	0.353	0.480	0.449	0.484	0.365	0.407	0.409
3	0.355	0.211	0.268	0.355	0.239	0.272	0.280	0.202	0.254	0.271
3a	0.355	0.375	0.402	0.358	0.470	0.432	0.449	0.355	0.376	0.397
3d	0.355	0.214	0.272	0.355	0.240	0.288	0.289	0.203	0.258	0.275
3ad	0.355	0.373	0.425	0.357	0.471	0.468	0.494	0.359	0.397	0.411
4	0.359	0.232	0.265	0.359	0.236	0.295	0.290	0.230	0.248	0.279
4a	0.359	0.370	0.393	0.362	0.463	0.459	0.470	0.351	0.368	0.400
4d	0.359	0.232	0.266	0.359	0.232	0.293	0.303	0.231	0.252	0.281
4ad	0.359	0.373	0.408	0.361	0.465	0.462	0.479	0.352	0.380	0.404
5	0.362	0.235	0.266	0.362	0.231	0.283	0.300	0.236	0.257	0.281
5a	0.362	0.373	0.391	0.362	0.454	0.450	0.464	0.357	0.356	0.396
5d	0.362	0.236	0.267	0.362	0.229	0.275	0.287	0.235	0.255	0.278
5ad	0.362	0.373	0.403	0.362	0.460	0.456	0.464	0.355	0.374	0.401
povp	0.357	0.288	0.326	0.356	0.344	0.345	0.354	0.272	0.308	

Tabela 4.15: Po vseh različicah zbrana povprečja CA za algoritme.

Rzl	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
1	0.196	0.479	0.447	0.259	0.524	0.368	0.367	0.504	0.508	0.406
1d	0.196	0.478	0.450	0.274	0.522	0.358	0.362	0.513	0.504	0.406
2	0.205	0.471	0.437	0.233	0.498	0.361	0.358	0.491	0.504	0.395
2a	0.205	0.613	0.623	0.401	0.715	0.574	0.574	0.626	0.624	0.550
2d	0.205	0.465	0.442	0.229	0.501	0.358	0.356	0.492	0.492	0.393
2ad	0.205	0.599	0.638	0.414	0.716	0.587	0.598	0.625	0.650	0.559
3	0.208	0.478	0.447	0.230	0.502	0.346	0.347	0.496	0.487	0.393
3a	0.208	0.616	0.618	0.454	0.704	0.574	0.569	0.627	0.615	0.554
3d	0.208	0.473	0.441	0.233	0.506	0.341	0.344	0.496	0.481	0.391
3ad	0.208	0.597	0.626	0.444	0.704	0.583	0.591	0.619	0.636	0.556
4	0.210	0.483	0.441	0.230	0.497	0.353	0.345	0.500	0.481	0.393
4a	0.210	0.617	0.612	0.452	0.706	0.571	0.569	0.623	0.611	0.552
4d	0.210	0.475	0.441	0.229	0.493	0.351	0.350	0.498	0.477	0.392
4ad	0.210	0.599	0.614	0.447	0.707	0.572	0.574	0.619	0.616	0.551
5	0.212	0.480	0.448	0.235	0.495	0.343	0.339	0.499	0.497	0.394
5a	0.212	0.602	0.602	0.414	0.688	0.552	0.553	0.614	0.608	0.538
5d	0.212	0.473	0.447	0.229	0.495	0.341	0.336	0.495	0.489	0.391
5ad	0.212	0.585	0.610	0.423	0.693	0.559	0.560	0.608	0.622	0.541
povp	0.207	0.532	0.521	0.324	0.593	0.450	0.450	0.553	0.550	

Tabela 4.16: Po vseh različicah zbrana povprečja AUC za algoritme.

Rzl	01	02	03	04	05	06	07	09	10a	10b	11	12	povp
1	0.207	0.248	0.281	0.324	0.208	0.151	0.379	0.236	0.195	0.198	0.227	0.170	0.235
1d	0.234	0.288	0.279	0.331	0.251	0.181	0.390	0.224	0.188	0.207	0.216	0.158	0.246
2	0.290	0.356	0.325	0.378	0.238	0.171	0.415	0.221	0.220	0.171	0.216	0.212	0.268
2a	0.523	0.505	0.464	0.553	0.405	0.285	0.502	0.333	0.364	0.180	0.302	0.363	0.398
2d	0.301	0.357	0.318	0.383	0.237	0.165	0.414	0.224	0.220	0.182	0.219	0.199	0.268
2ad	0.545	0.517	0.480	0.572	0.416	0.284	0.503	0.336	0.380	0.206	0.319	0.355	0.409
3	0.304	0.340	0.325	0.371	0.254	0.181	0.392	0.229	0.239	0.170	0.223	0.221	0.271
3a	0.514	0.485	0.487	0.550	0.382	0.314	0.434	0.350	0.350	0.209	0.338	0.353	0.397
3d	0.304	0.344	0.316	0.383	0.254	0.188	0.422	0.231	0.238	0.185	0.218	0.217	0.275
3ad	0.527	0.499	0.492	0.558	0.385	0.315	0.517	0.355	0.363	0.222	0.340	0.360	0.411
4	0.310	0.374	0.318	0.393	0.260	0.194	0.399	0.244	0.242	0.196	0.204	0.219	0.279
4a	0.509	0.470	0.478	0.570	0.364	0.304	0.493	0.352	0.368	0.236	0.309	0.342	0.400
4d	0.315	0.377	0.313	0.409	0.265	0.194	0.395	0.239	0.246	0.195	0.210	0.212	0.281
4ad	0.512	0.477	0.479	0.572	0.369	0.305	0.497	0.350	0.374	0.240	0.327	0.349	0.404
5	0.328	0.377	0.329	0.400	0.269	0.204	0.368	0.256	0.230	0.202	0.190	0.224	0.281
5a	0.490	0.480	0.482	0.548	0.364	0.317	0.482	0.339	0.368	0.230	0.324	0.336	0.396
5d	0.331	0.377	0.318	0.396	0.277	0.197	0.355	0.254	0.232	0.196	0.185	0.223	0.278
5ad	0.497	0.489	0.484	0.556	0.363	0.315	0.488	0.342	0.374	0.232	0.334	0.336	0.401
povp	0.391	0.409	0.387	0.458	0.309	0.237	0.436	0.284	0.288	0.203	0.261	0.269	

Tabela 4.17: Po vseh različicah zbrana povprečja CA za albume.

Rzl	01	02	03	04	05	06	07	09	10a	10b	11	12	povp
1	0.476	0.442	0.418	0.410	0.423	0.305	0.373	0.444	0.461	0.350	0.450	0.318	0.406
1d	0.485	0.435	0.424	0.417	0.435	0.307	0.361	0.431	0.455	0.362	0.444	0.323	0.406
2	0.470	0.447	0.453	0.405	0.387	0.315	0.354	0.397	0.424	0.326	0.428	0.336	0.395
2a	0.686	0.614	0.621	0.589	0.614	0.475	0.442	0.541	0.591	0.352	0.534	0.545	0.550
2d	0.487	0.447	0.454	0.390	0.380	0.310	0.356	0.397	0.426	0.324	0.416	0.334	0.393
2ad	0.705	0.624	0.636	0.601	0.631	0.461	0.451	0.540	0.595	0.372	0.547	0.544	0.559
3	0.471	0.424	0.456	0.414	0.390	0.298	0.348	0.403	0.447	0.320	0.428	0.324	0.393
3a	0.681	0.595	0.667	0.595	0.593	0.478	0.436	0.555	0.569	0.393	0.548	0.537	0.554
3d	0.475	0.429	0.453	0.415	0.385	0.299	0.336	0.403	0.442	0.324	0.415	0.320	0.391
3ad	0.683	0.595	0.674	0.604	0.592	0.465	0.460	0.553	0.574	0.399	0.549	0.530	0.556
4	0.462	0.419	0.461	0.418	0.374	0.314	0.339	0.409	0.438	0.335	0.432	0.319	0.393
4a	0.679	0.560	0.668	0.621	0.547	0.476	0.470	0.561	0.580	0.394	0.551	0.522	0.552
4d	0.467	0.417	0.461	0.423	0.364	0.312	0.338	0.406	0.436	0.335	0.430	0.313	0.392
4ad	0.678	0.563	0.665	0.623	0.550	0.461	0.465	0.565	0.580	0.397	0.544	0.520	0.551
5	0.470	0.419	0.480	0.408	0.366	0.312	0.344	0.406	0.437	0.334	0.430	0.322	0.394
5a	0.656	0.557	0.664	0.595	0.510	0.454	0.478	0.539	0.582	0.387	0.515	0.523	0.538
5d	0.469	0.419	0.475	0.410	0.366	0.305	0.341	0.401	0.435	0.330	0.420	0.319	0.391
5ad	0.663	0.562	0.666	0.596	0.510	0.446	0.478	0.544	0.583	0.385	0.544	0.520	0.541
povp	0.565	0.498	0.544	0.496	0.468	0.377	0.398	0.472	0.503	0.357	0.479	0.415	

Tabela 4.18: Po vseh različicah zbrana povprečja AUC za albume.

Izberemo skladbo iz albuma za katerega so bili rezultati za izbrane različice učnih primerov najboljši, kar razberemo iz tabel 4.17 in 4.18. Za vse izbrane različice ima album “Beatles For Sale”², najvišjo izmerjeno CA, album “Please Please Me”³ pa ima najvišjo izmerjeno AUC. Izberemo skladbo “Love Me Do”. V tabeli A.1 so prikazani napovedani akordi za celotno skladbo z uporabo izbranih algoritmov, naučenih na različici 3ad učnih primerov. Dobe so prikazane po vrsti, kot si sledijo v skladbi. Klasifikacijska točnost in ploščina pod krivuljo ROC za to skladbo je prikazana v tabeli 4.20.

Alg	CA	AUC
svme	0.796	0.878
svml	0.840	0.873
rf	0.456	0.575
bsby	0.584	0.670

Tabela 4.20: Mere uspešnosti za skladbo “Love Me Do”. Algoritmi so se učili na različici 3ad učnih primerov.

V skladbi se pojavijo trije akordi (tabela 4.21), spada torej med preprostejše probleme napovedovanja spremljevalnih akordov. Skladba dobro predstavlja porazdelitev akordov iz končne zbirke skladb (porazdelitev je prikazana v tabeli 4.22), saj vsebuje vse tri akorde, ki se najbolj pogosto pojavljajo.

Akord	št. dob
Cmaj	158
Fmaj	144
Gmaj	34

Tabela 4.21: Porazdelitev akordov za skladbo “Love Me Do”.

²Oznaka albuma v tabelah je 04.

³Oznaka albuma v tabelah je 01.

Akord	število pojavitev	odstotek pojavitev
Cmaj	2640	37.2
Fmaj	1217	17.1
Gmaj	1056	14.9
A#maj	395	5.6
Amin	300	4.2
Dmin	200	2.8
D#maj	199	2.8
F#min	198	2.8
F#maj	150	2.1
Dmaj	117	1.6
C#min	116	1.6
G#maj	110	1.5
Emin	86	1.2
C#maj	83	1.2
G#min	75	1.1
Fmin	68	1.0
A#min	30	0.4
D#min	16	0.2
Amaj	16	0.2
Gmin	14	0.2
Ema	8	0.1
Cmin	3	0.0
Bmin	2	0.0

Tabela 4.22: Porazdelitev akordov v končni zbirki skladb, opisano v 4.1.4. Upoštevane so bile dobe, ki imajo prisotno melodijo.

Algoritem svml, ki ima 84% klasifikacijsko točnost, bi lahko napovedal akorde, ki zvenijo precej podobno kot akordi izvirne skladbe.

V tabelah 4.23, 4.24, 4.25 in 4.26 so prikazane tabele napačnih klasifikacij

	Ami	C#ma	C#mi	Cma	D#ma	D#mi	Dma	Dmi	F#ma	F#mi	Fma	Fmi	G#ma	G#mi	Gma	Gmi
Ami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cma	0	0	0	94	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	1	0
D#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fma	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	97	0	0	0	4	0
Fmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gma	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8	0
Gmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4.23: Tabela napačnih klasifikacij algoritma svme.

za skladbo “Love Me Do”. Metoda naključnih gozdov je vedno napovedala akord Cmaj. Naivni Bayesov klasifikator z boostingom je napovedal nekaj akordov, ki se v skladbi dejansko ne pojavljajo, za akorde, ki se pojavijo v skladbi pa ni bil tako uspešen kot obe različici metode podpornih vektorjev. Obe različici metode podpornih vektorjev sta pri akordih, ki sta jih napačno napovedali, napovedali akord, ki se pojavi v skladbi. Pri poslušljivosti skladbe sta se torej najboljše odrezali, saj sta vedno napovedovali akorde, ki se pojavljajo v skladbi, čeprav sta jih včasih pomešali med sabo.

Zgoraj smo ugotovili, da najboljše rezultate v povprečju dosegata različici 2ad in 3ad učnih primerov. V tabeli 4.27 so zbrana povprečja mer za vse preizkušene različice (to so zadnji stolpci v tabelah 4.15, 4.16).

	Ami	C#ma	C#mi	Cma	D#ma	D#mi	Dma	Dmi	F#ma	F#mi	Fma	Fmi	G#ma	G#mi	Gma	Gmi
Ami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cma	0	0	0	101	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	1	0
D#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fma	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	99	0	0	0	4	0
Fmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gma	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
Gmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4.24: Tabela napačnih klasifikacij algoritma svm1.

	Ami	C#ma	C#mi	Cma	D#ma	D#mi	Dma	Dmi	F#ma	F#mi	Fma	Fmi	G#ma	G#mi	Gma	Gmi
Ami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cma	0	0	0	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fma	0	0	0	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gma	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4.25: Tabela napačnih klasifikacij algoritma rf.

	Ami	C#ma	C#mi	Cma	D#ma	D#mi	Dma	Dmi	F#ma	F#mi	Fma	Fmi	G#ma	G#mi	Gma	Gmi
Ami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cma	2	0	0	67	0	0	3	0	0	0	23	0	0	0	19	0
D#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fma	2	0	0	36	0	0	0	0	0	0	76	0	0	0	9	0
Fmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G#ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G#mi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gma	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Gmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4.26: Tabela napačnih klasifikacij algoritma bsby.

Rzl	CA	AUC
1	0.235	0.406
1d	0.246	0.406
2	0.268	0.395
2a	0.398	0.550
2d	0.268	0.393
2ad	0.409	0.559
3	0.271	0.393
3a	0.397	0.554
3d	0.275	0.391
3ad	0.411	0.556
4	0.279	0.393
4a	0.400	0.552
4d	0.281	0.392
4ad	0.404	0.551
5	0.281	0.394
5a	0.396	0.538
5d	0.278	0.391
5ad	0.401	0.541

Tabela 4.27: Po vseh različicah zbrane povprečne mere.

Če med sabo primerjamo vse različice, ki zajemajo enako število dob (npr. 2, 2a, 2d in 2ad), opazimo da se osnovna različica in različica d (vsebuje podatek o dobi znotraj takta), ne razlikujeta prav veliko. Ravno tako je majhna razlika med različico a in ad. Vseeno prinese različica z dodano dobo v vseh primerih malo boljši rezultat. Opazno se poveča uspešnost, če različici dodamo informacijo o akordih za vse vsebovane dobe (oznaka a in ad). Sedaj za izbor najboljše različice preverimo še, kako na uspešnost vpliva število zajetih dob. Primerjamo različice 2ad, 3ad, 4ad in 5ad. Za obe meri so vse različice dosegle zelo podobne rezultate, malenkost boljši pa sta

različici 2ad (boljši AUC) in 3ad (boljši CA). Torej je pomembno, da učni primer opisuje melodijo in akorde za nekaj dob (v primeru 2ad je to 4 dobe, v primeru 3ad pa 8 dob) pred ciljno dobo, za katero se napoveduje akord.

Poglavje 5

Sklepne ugotovitve in nadaljnje delo

Skladba “Love Me Do”, ki je bila bolj podrobno predstavljena, se je izkazala za precej poslušljivo. Če upoštevamo, da lahko uporabnik po lastni volji spremeni akorde, bi s pomočjo takega napovedovanja lahko dobil kar dober rezultat. Napovedovanje sistema bi bilo možno izboljšati z dodatnim “glajenjem” akordov, v trenutni različici pa je to prepuščeno uporabniku. Potrebno je poudariti, da je izbrana skladba dosegla zelo dobre rezultate — v povprečju bi se napovedovanje akordov s takim sistemom izkazalo za manj uspešno. Prav tako skladba vsebuje samo tri akorde, kar že v osnovi pomeni manjšo težavnost pri napovedovanju akordov. Sistem v tej različici napoveduje samo akorde, kjer ima prisotno melodijo. Nadgrajena različica sistema bi lahko napovedovala akorde tudi za dele skladbe brez melodije, za kar pa bi bilo potrebno sistem še dodatno naučiti tudi razpoznavanja različnih delov skladbe (uvod, kitica, refren, solo), kar pa bi bila precej drugačna naloga. Boljši rezultati bi se dosegali tudi z dodatno analizo zaporedja akordov — v tej različici sistem ni imel (ali se naučil) nikakršnega glasbenega znanja. S to analizo bi si lahko pomagali tako pri “glajenju” akordov, kot tudi pri popravljanju napačnih uvrščanj — npr. če akord v eni dobi zelo odstopa od ostalih v tem taktu, se ga zamenja, v skladu z naučenim zaporedjem akordov.

Z uporabo strojnega učenja je torej možno razviti sistem, ki napoveduje akorde, in do neke mere je to v tem delu tudi uspelo. Za bolj široko uporabo pa bi bilo potrebno sistem še nadgraditi. Za skoraj vse uporabljene algoritme so bili uporabljeni privzeti parametri. Z optimiziranjem parametrov bi se verjetno lahko dosegli tudi v povprečju boljši rezultati.

Dodatek A

Tabele

Da si bralec lažje ustvari sliko o uporabi opisane metode, je vključena tabela A.1, ki prikazuje napovedane akorde za izbrane algoritme iz tabele 4.19 za skladbo “Love Me Do”. Z zvezdico so označeni pravilno napovedani akordi. Prikazani so tudi nekateri takti brez melodije, za katere ni bilo možno napovedati akordov, torej del skladbe, kjer bi se izboljšani sistem boljše odrezal. Spodaj so prikazane tabele rezultatov merjenja za vse različice. Povprečja prikazana zgoraj (v tabelah 4.15, 4.16, 4.17 in 4.18) so izračunana iz teh podatkov.

doba	MIDI	svme	svml	rf	bsby
1	Cmaj				
2	Cmaj				
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Fmaj *	Cmaj	Amin
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *

[illegible]

4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Fmaj	Cmaj *	Dmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Fmaj	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
1	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
2	Cmaj				
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Gmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Gmaj	Gmaj *	Gmaj *	Cmaj	Cmaj
3	Gmaj	Gmaj *	Gmaj *	Cmaj	Cmaj
4	Gmaj	Cmaj	Gmaj *	Cmaj	Cmaj
1	Gmaj	Gmaj *	Gmaj *	Cmaj	Cmaj
2	Gmaj	Gmaj *	Gmaj *	Cmaj	Gmaj *
3	Gmaj	Fmaj	Gmaj *	Cmaj	Cmaj
4	Gmaj	Gmaj *	Gmaj *	Cmaj	Gmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Gmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
1	Cmaj	Cmaj *	Fmaj	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Gmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Gmaj				
3	Gmaj				
4	Gmaj				
1	Gmaj				
2	Gmaj				
3	Gmaj	Gmaj *	Gmaj *	Cmaj	Cmaj
4	Gmaj	Gmaj *	Gmaj *	Cmaj	Gmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Gmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
1	Cmaj	Cmaj *	Fmaj	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Fmaj *	Cmaj	Amin
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *

4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
3	Fmaj	Gmaj	Gmaj	Cmaj	Cmaj
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Gmaj
1	Fmaj	Fmaj *	Cmaj	Cmaj	Gmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Cmaj	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Fmaj	Cmaj *	Dmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Fmaj	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
1	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
2	Cmaj				
3	Cmaj				
4	Cmaj				
1	Gmaj				
2	Gmaj				
3	Gmaj				
4	Gmaj				
1	Gmaj				
2	Gmaj				
3	Gmaj				
4	Gmaj				
1	Fmaj				
2	Fmaj				
3	Fmaj				
4	Fmaj				
1	Cmaj				
2	Cmaj				
3	Cmaj				
4	Cmaj				
1	Gmaj				
2	Gmaj				
3	Gmaj				
4	Gmaj				
1	Gmaj				
2	Gmaj				
3	Gmaj				

4	Gmaj				
1	Fmaj				
2	Fmaj				
3	Fmaj				
4	Fmaj				
1	Cmaj				
2	Cmaj				
3	Cmaj				
4	Cmaj				
1	Cmaj				
2	Cmaj				
3	Cmaj				
4	Cmaj				
1	Cmaj				
2	Cmaj				
3	Cmaj				
4	Cmaj				
1	Cmaj				
2	Cmaj				
3	Gmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
4	Gmaj	Gmaj *	Gmaj *	Cmaj	Cmaj
1	Cmaj	Gmaj	Gmaj	Cmaj *	Cmaj *
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj *	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Gmaj
1	Cmaj	Fmaj	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
1	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Amin
1	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Amin
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Fmaj
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *

4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Cmaj
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Fmaj	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Fmaj	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Gmaj
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Fmaj	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
1	Cmaj	Fmaj	Fmaj	Cmaj *	Fmaj
2	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
3	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
4	Cmaj	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *	Cmaj *
1	Fmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj	Cmaj
2	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
3	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *
4	Fmaj	Fmaj *	Fmaj *	Cmaj	Fmaj *

Tabela A.1: Napovedani akordi za skladbo “Love Me Do”.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.340	0.250	0.309	0.342	0.300	0.076	0.059	0.000	0.187	0.207
02	0.454	0.181	0.357	0.406	0.385	0.015	0.016	0.065	0.357	0.248
03	0.403	0.176	0.319	0.403	0.352	0.209	0.230	0.122	0.319	0.281
04	0.478	0.309	0.340	0.457	0.346	0.189	0.223	0.230	0.340	0.324
05	0.387	0.191	0.248	0.387	0.330	0.073	0.073	0.067	0.112	0.208
06	0.293	0.082	0.141	0.293	0.204	0.128	0.114	0.041	0.060	0.151
07	0.539	0.429	0.477	0.539	0.466	0.021	0.032	0.429	0.477	0.379
09	0.272	0.228	0.250	0.259	0.272	0.183	0.183	0.272	0.205	0.236
10a	0.221	0.217	0.183	0.204	0.200	0.132	0.109	0.305	0.188	0.195
10b	0.239	0.145	0.148	0.239	0.271	0.205	0.236	0.145	0.157	0.198
11	0.353	0.232	0.184	0.342	0.247	0.147	0.153	0.200	0.184	0.227
12	0.310	0.110	0.129	0.314	0.099	0.112	0.202	0.133	0.124	0.170
povp	0.357	0.213	0.257	0.349	0.289	0.124	0.136	0.167	0.226	0.235

Tabela A.2: Izmerjena CA različice 1 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.340	0.250	0.331	0.342	0.299	0.104	0.112	0.000	0.331	0.234
02	0.454	0.220	0.372	0.422	0.369	0.194	0.120	0.069	0.372	0.288
03	0.403	0.194	0.278	0.403	0.281	0.239	0.245	0.194	0.272	0.279
04	0.478	0.315	0.265	0.452	0.360	0.277	0.255	0.306	0.270	0.331
05	0.387	0.191	0.262	0.387	0.317	0.248	0.218	0.067	0.184	0.251
06	0.293	0.122	0.160	0.293	0.182	0.163	0.168	0.092	0.160	0.181
07	0.539	0.425	0.454	0.539	0.440	0.105	0.123	0.431	0.454	0.390
09	0.272	0.214	0.201	0.228	0.286	0.196	0.214	0.214	0.192	0.224
10a	0.221	0.210	0.202	0.200	0.193	0.079	0.085	0.305	0.200	0.188
10b	0.239	0.171	0.182	0.268	0.228	0.194	0.234	0.171	0.174	0.207
11	0.353	0.268	0.195	0.142	0.226	0.142	0.158	0.268	0.195	0.216
12	0.310	0.103	0.114	0.302	0.082	0.125	0.144	0.125	0.114	0.158
povp	0.357	0.224	0.251	0.332	0.272	0.172	0.173	0.187	0.243	0.246

Tabela A.3: Izmerjena CA različice 1d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.392	0.207	0.326	0.392	0.328	0.356	0.289	0.000	0.322	0.290
02	0.461	0.217	0.367	0.460	0.320	0.420	0.426	0.188	0.341	0.356
03	0.424	0.240	0.280	0.424	0.248	0.384	0.390	0.271	0.266	0.325
04	0.517	0.248	0.341	0.517	0.371	0.428	0.453	0.197	0.334	0.378
05	0.373	0.136	0.239	0.373	0.165	0.259	0.281	0.086	0.230	0.238
06	0.306	0.106	0.161	0.306	0.106	0.152	0.135	0.106	0.159	0.171
07	0.480	0.372	0.463	0.480	0.366	0.392	0.374	0.367	0.443	0.415
09	0.286	0.158	0.177	0.286	0.214	0.244	0.260	0.158	0.204	0.221
10a	0.266	0.217	0.206	0.264	0.163	0.210	0.226	0.217	0.210	0.220
10b	0.200	0.126	0.153	0.200	0.166	0.216	0.164	0.126	0.189	0.171
11	0.195	0.172	0.227	0.195	0.237	0.299	0.146	0.193	0.276	0.216
12	0.337	0.167	0.203	0.337	0.172	0.175	0.155	0.161	0.199	0.212
povp	0.353	0.197	0.262	0.353	0.238	0.295	0.275	0.172	0.264	0.268

Tabela A.4: Izmerjena CA različice 2 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.392	0.515	0.551	0.392	0.640	0.556	0.596	0.515	0.549	0.523
02	0.461	0.413	0.505	0.461	0.608	0.565	0.622	0.414	0.492	0.505
03	0.424	0.444	0.437	0.424	0.589	0.534	0.508	0.439	0.378	0.464
04	0.517	0.479	0.539	0.517	0.642	0.608	0.667	0.479	0.532	0.553
05	0.373	0.352	0.398	0.373	0.484	0.458	0.471	0.375	0.364	0.405
06	0.306	0.271	0.271	0.306	0.317	0.279	0.302	0.235	0.277	0.285
07	0.480	0.492	0.531	0.480	0.545	0.520	0.528	0.469	0.470	0.502
09	0.286	0.370	0.351	0.286	0.414	0.302	0.309	0.328	0.347	0.333
10a	0.266	0.365	0.391	0.272	0.486	0.384	0.410	0.351	0.350	0.364
10b	0.200	0.196	0.157	0.200	0.184	0.171	0.142	0.200	0.173	0.180
11	0.195	0.214	0.297	0.195	0.419	0.464	0.432	0.203	0.297	0.302
12	0.337	0.323	0.354	0.345	0.433	0.408	0.425	0.282	0.357	0.363
povp	0.353	0.369	0.399	0.354	0.480	0.437	0.451	0.357	0.382	0.398

Tabela A.5: Izmerjena CA različice 2a učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.392	0.219	0.358	0.392	0.328	0.322	0.338	0.000	0.358	0.301
02	0.461	0.214	0.367	0.456	0.316	0.434	0.410	0.214	0.345	0.357
03	0.424	0.241	0.267	0.424	0.251	0.338	0.381	0.277	0.257	0.318
04	0.517	0.257	0.339	0.517	0.361	0.444	0.461	0.257	0.292	0.383
05	0.373	0.150	0.217	0.373	0.164	0.266	0.264	0.109	0.216	0.237
06	0.306	0.091	0.158	0.306	0.109	0.138	0.131	0.091	0.155	0.165
07	0.480	0.371	0.465	0.480	0.360	0.422	0.366	0.370	0.413	0.414
09	0.286	0.155	0.193	0.286	0.214	0.263	0.258	0.156	0.202	0.224
10a	0.266	0.210	0.232	0.264	0.159	0.208	0.204	0.210	0.225	0.220
10b	0.200	0.151	0.141	0.200	0.182	0.225	0.213	0.151	0.178	0.182
11	0.195	0.190	0.234	0.195	0.232	0.305	0.188	0.201	0.227	0.219
12	0.337	0.173	0.166	0.337	0.177	0.140	0.145	0.159	0.155	0.199
povp	0.353	0.202	0.261	0.353	0.238	0.292	0.280	0.183	0.252	0.268

Tabela A.6: Izmerjena CA različice 2d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.392	0.515	0.600	0.392	0.633	0.606	0.670	0.515	0.584	0.545
02	0.461	0.421	0.534	0.455	0.598	0.598	0.653	0.425	0.504	0.517
03	0.424	0.443	0.459	0.424	0.587	0.532	0.586	0.423	0.440	0.480
04	0.517	0.481	0.589	0.517	0.623	0.634	0.726	0.494	0.570	0.572
05	0.373	0.344	0.445	0.373	0.484	0.459	0.503	0.348	0.417	0.416
06	0.306	0.270	0.267	0.306	0.313	0.299	0.316	0.233	0.244	0.284
07	0.480	0.488	0.535	0.480	0.539	0.513	0.537	0.469	0.488	0.503
09	0.286	0.365	0.374	0.286	0.427	0.279	0.324	0.305	0.378	0.336
10a	0.266	0.368	0.425	0.269	0.488	0.402	0.440	0.364	0.397	0.380
10b	0.200	0.178	0.166	0.200	0.254	0.227	0.238	0.193	0.202	0.206
11	0.195	0.320	0.315	0.195	0.385	0.440	0.385	0.331	0.307	0.319
12	0.337	0.293	0.331	0.337	0.435	0.404	0.426	0.282	0.348	0.355
povp	0.353	0.374	0.420	0.353	0.480	0.449	0.484	0.365	0.407	0.409

Tabela A.7: Izmerjena CA različice 2ad učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.390	0.230	0.338	0.390	0.304	0.326	0.340	0.101	0.319	0.304
02	0.466	0.265	0.335	0.463	0.337	0.361	0.247	0.265	0.324	0.340
03	0.411	0.279	0.295	0.411	0.228	0.336	0.375	0.283	0.303	0.325
04	0.504	0.252	0.326	0.504	0.365	0.416	0.433	0.256	0.284	0.371
05	0.370	0.153	0.278	0.370	0.179	0.232	0.289	0.153	0.261	0.254
06	0.336	0.095	0.147	0.336	0.124	0.203	0.161	0.096	0.132	0.181
07	0.499	0.348	0.467	0.499	0.350	0.291	0.304	0.362	0.407	0.392
09	0.276	0.194	0.191	0.276	0.228	0.233	0.255	0.203	0.204	0.229
10a	0.274	0.219	0.254	0.274	0.205	0.239	0.249	0.198	0.243	0.239
10b	0.196	0.132	0.162	0.196	0.177	0.171	0.189	0.139	0.171	0.170
11	0.198	0.186	0.227	0.198	0.215	0.278	0.287	0.186	0.229	0.223
12	0.345	0.182	0.191	0.345	0.151	0.183	0.234	0.185	0.171	0.221
povp	0.355	0.211	0.268	0.355	0.239	0.272	0.280	0.202	0.254	0.271

Tabela A.8: Izmerjena CA različice 3 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.390	0.460	0.534	0.390	0.647	0.582	0.648	0.460	0.513	0.514
02	0.466	0.445	0.469	0.465	0.526	0.574	0.591	0.415	0.411	0.485
03	0.411	0.483	0.449	0.415	0.572	0.578	0.572	0.446	0.456	0.487
04	0.504	0.431	0.594	0.504	0.636	0.635	0.689	0.439	0.517	0.550
05	0.370	0.325	0.401	0.370	0.440	0.407	0.480	0.291	0.350	0.382
06	0.336	0.309	0.279	0.336	0.331	0.324	0.339	0.292	0.279	0.314
07	0.499	0.441	0.538	0.499	0.559	0.246	0.208	0.436	0.481	0.434
09	0.276	0.380	0.343	0.280	0.407	0.382	0.400	0.348	0.332	0.350
10a	0.274	0.398	0.364	0.278	0.436	0.345	0.355	0.367	0.330	0.350
10b	0.196	0.216	0.201	0.196	0.213	0.208	0.220	0.186	0.242	0.209
11	0.198	0.287	0.292	0.198	0.469	0.498	0.483	0.302	0.319	0.338
12	0.345	0.328	0.355	0.366	0.406	0.405	0.401	0.284	0.287	0.353
povp	0.355	0.375	0.402	0.358	0.470	0.432	0.449	0.355	0.376	0.397

Tabela A.9: Izmerjena CA različice 3a učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.390	0.229	0.350	0.390	0.299	0.296	0.364	0.081	0.335	0.304
02	0.466	0.267	0.352	0.465	0.327	0.365	0.251	0.267	0.334	0.344
03	0.411	0.283	0.263	0.411	0.231	0.346	0.370	0.289	0.242	0.316
04	0.504	0.254	0.349	0.504	0.367	0.436	0.466	0.258	0.310	0.383
05	0.370	0.159	0.278	0.370	0.167	0.253	0.282	0.153	0.256	0.254
06	0.336	0.098	0.167	0.336	0.136	0.185	0.194	0.099	0.138	0.188
07	0.499	0.353	0.470	0.499	0.349	0.413	0.453	0.373	0.393	0.422
09	0.276	0.181	0.181	0.276	0.240	0.240	0.273	0.199	0.211	0.231
10a	0.274	0.215	0.253	0.274	0.204	0.243	0.247	0.194	0.238	0.238
10b	0.196	0.147	0.172	0.196	0.177	0.228	0.238	0.145	0.166	0.185
11	0.198	0.200	0.237	0.198	0.227	0.300	0.109	0.200	0.295	0.218
12	0.345	0.180	0.189	0.345	0.152	0.157	0.221	0.180	0.181	0.217
povp	0.355	0.214	0.272	0.355	0.240	0.288	0.289	0.203	0.258	0.275

Tabela A.10: Izmerjena CA različice 3d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.390	0.458	0.565	0.390	0.650	0.587	0.686	0.458	0.555	0.527
02	0.466	0.444	0.501	0.463	0.533	0.585	0.624	0.420	0.452	0.499
03	0.411	0.474	0.469	0.413	0.568	0.578	0.611	0.446	0.462	0.492
04	0.504	0.435	0.616	0.504	0.634	0.626	0.685	0.442	0.572	0.558
05	0.370	0.312	0.410	0.370	0.431	0.430	0.484	0.282	0.372	0.385
06	0.336	0.298	0.292	0.336	0.334	0.328	0.333	0.284	0.297	0.315
07	0.499	0.471	0.555	0.499	0.552	0.582	0.579	0.457	0.460	0.517
09	0.276	0.384	0.375	0.276	0.405	0.394	0.400	0.363	0.323	0.355
10a	0.274	0.396	0.383	0.278	0.440	0.367	0.402	0.371	0.355	0.363
10b	0.196	0.176	0.243	0.196	0.247	0.260	0.265	0.179	0.240	0.222
11	0.198	0.309	0.324	0.198	0.452	0.461	0.464	0.309	0.343	0.340
12	0.345	0.318	0.362	0.361	0.402	0.418	0.401	0.302	0.331	0.360
povp	0.355	0.373	0.425	0.357	0.471	0.468	0.494	0.359	0.397	0.411

Tabela A.11: Izmerjena CA različice 3ad učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.388	0.238	0.325	0.388	0.269	0.316	0.305	0.238	0.319	0.310
02	0.471	0.310	0.360	0.468	0.295	0.412	0.413	0.312	0.329	0.374
03	0.412	0.282	0.265	0.412	0.218	0.356	0.374	0.273	0.270	0.318
04	0.506	0.338	0.357	0.506	0.367	0.493	0.319	0.343	0.306	0.393
05	0.391	0.167	0.262	0.391	0.187	0.260	0.257	0.174	0.249	0.260
06	0.339	0.131	0.142	0.339	0.158	0.186	0.191	0.133	0.123	0.194
07	0.489	0.345	0.434	0.489	0.269	0.403	0.453	0.351	0.360	0.399
09	0.282	0.218	0.228	0.282	0.221	0.257	0.256	0.216	0.238	0.244
10a	0.273	0.234	0.244	0.275	0.222	0.238	0.257	0.212	0.223	0.242
10b	0.207	0.138	0.157	0.207	0.242	0.220	0.297	0.138	0.160	0.196
11	0.202	0.190	0.221	0.202	0.242	0.214	0.162	0.185	0.216	0.204
12	0.348	0.193	0.185	0.348	0.139	0.188	0.193	0.185	0.188	0.219
povp	0.359	0.232	0.265	0.359	0.236	0.295	0.290	0.230	0.248	0.279

Tabela A.12: Izmerjena CA različice 4 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.388	0.453	0.520	0.388	0.631	0.594	0.656	0.456	0.495	0.509
02	0.471	0.375	0.472	0.470	0.540	0.532	0.568	0.378	0.422	0.470
03	0.412	0.498	0.443	0.416	0.515	0.549	0.549	0.484	0.434	0.478
04	0.506	0.477	0.602	0.524	0.641	0.668	0.678	0.468	0.565	0.570
05	0.391	0.283	0.367	0.391	0.419	0.412	0.472	0.240	0.301	0.364
06	0.339	0.278	0.258	0.339	0.342	0.346	0.346	0.255	0.235	0.304
07	0.489	0.441	0.519	0.489	0.542	0.527	0.529	0.440	0.457	0.493
09	0.282	0.403	0.367	0.282	0.384	0.370	0.369	0.356	0.356	0.352
10a	0.273	0.425	0.404	0.278	0.434	0.386	0.359	0.379	0.371	0.368
10b	0.207	0.223	0.175	0.207	0.293	0.302	0.302	0.198	0.215	0.236
11	0.202	0.279	0.249	0.202	0.444	0.437	0.437	0.279	0.251	0.309
12	0.348	0.302	0.342	0.364	0.373	0.385	0.373	0.283	0.312	0.342
povp	0.359	0.370	0.393	0.362	0.463	0.459	0.470	0.351	0.368	0.400

Tabela A.13: Izmerjena CA različice 4a učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.388	0.239	0.333	0.388	0.263	0.315	0.334	0.239	0.334	0.315
02	0.471	0.310	0.372	0.470	0.301	0.410	0.405	0.312	0.345	0.377
03	0.412	0.281	0.241	0.412	0.233	0.344	0.380	0.271	0.242	0.313
04	0.506	0.342	0.385	0.506	0.371	0.483	0.434	0.346	0.306	0.409
05	0.391	0.171	0.245	0.391	0.186	0.265	0.312	0.186	0.235	0.265
06	0.339	0.132	0.164	0.339	0.152	0.191	0.172	0.132	0.123	0.194
07	0.489	0.334	0.450	0.489	0.252	0.392	0.437	0.340	0.372	0.395
09	0.282	0.218	0.226	0.282	0.221	0.248	0.246	0.210	0.218	0.239
10a	0.273	0.232	0.252	0.273	0.223	0.250	0.270	0.216	0.225	0.246
10b	0.207	0.143	0.143	0.207	0.223	0.253	0.270	0.137	0.170	0.195
11	0.202	0.192	0.204	0.202	0.242	0.178	0.183	0.195	0.296	0.210
12	0.348	0.192	0.175	0.348	0.118	0.183	0.199	0.187	0.160	0.212
povp	0.359	0.232	0.266	0.359	0.232	0.293	0.303	0.231	0.252	0.281

Tabela A.14: Izmerjena CA različice 4d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.388	0.449	0.529	0.388	0.624	0.590	0.683	0.449	0.508	0.512
02	0.471	0.372	0.487	0.469	0.538	0.569	0.577	0.376	0.435	0.477
03	0.412	0.495	0.456	0.414	0.526	0.546	0.550	0.477	0.436	0.479
04	0.506	0.482	0.622	0.509	0.636	0.635	0.702	0.475	0.581	0.572
05	0.391	0.279	0.376	0.391	0.426	0.411	0.483	0.237	0.326	0.369
06	0.339	0.277	0.279	0.339	0.341	0.336	0.336	0.240	0.260	0.305
07	0.489	0.441	0.524	0.489	0.541	0.531	0.533	0.454	0.467	0.497
09	0.282	0.416	0.374	0.282	0.385	0.387	0.384	0.328	0.316	0.350
10a	0.273	0.424	0.417	0.277	0.421	0.407	0.374	0.394	0.376	0.374
10b	0.207	0.195	0.207	0.207	0.320	0.302	0.302	0.167	0.257	0.240
11	0.202	0.324	0.282	0.202	0.441	0.446	0.446	0.324	0.279	0.327
12	0.348	0.317	0.338	0.360	0.385	0.388	0.374	0.303	0.324	0.349
povp	0.359	0.373	0.408	0.361	0.465	0.462	0.479	0.352	0.380	0.404

Tabela A.15: Izmerjena CA različice 4ad učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.387	0.260	0.341	0.387	0.279	0.352	0.346	0.260	0.339	0.328
02	0.478	0.319	0.366	0.476	0.341	0.375	0.362	0.322	0.350	0.377
03	0.416	0.282	0.274	0.416	0.260	0.332	0.415	0.281	0.281	0.329
04	0.502	0.327	0.358	0.502	0.351	0.489	0.430	0.327	0.315	0.400
05	0.399	0.163	0.262	0.399	0.167	0.296	0.307	0.167	0.257	0.269
06	0.346	0.137	0.145	0.346	0.159	0.214	0.219	0.129	0.142	0.204
07	0.471	0.338	0.364	0.471	0.179	0.383	0.409	0.351	0.343	0.368
09	0.295	0.211	0.251	0.295	0.216	0.274	0.279	0.233	0.254	0.256
10a	0.283	0.247	0.255	0.284	0.207	0.168	0.145	0.231	0.246	0.230
10b	0.207	0.140	0.182	0.207	0.228	0.197	0.342	0.147	0.172	0.202
11	0.206	0.197	0.206	0.206	0.227	0.141	0.139	0.185	0.204	0.190
12	0.350	0.202	0.193	0.350	0.156	0.177	0.207	0.197	0.185	0.224
povp	0.362	0.235	0.266	0.362	0.231	0.283	0.300	0.236	0.257	0.281

Tabela A.16: Izmerjena CA različice 5 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.387	0.453	0.503	0.387	0.607	0.517	0.634	0.451	0.475	0.490
02	0.478	0.408	0.467	0.477	0.571	0.541	0.541	0.406	0.427	0.480
03	0.416	0.491	0.450	0.416	0.535	0.561	0.561	0.474	0.434	0.482
04	0.502	0.470	0.578	0.502	0.614	0.578	0.662	0.468	0.555	0.548
05	0.399	0.247	0.385	0.399	0.418	0.449	0.449	0.206	0.320	0.364
06	0.346	0.283	0.271	0.346	0.343	0.370	0.370	0.265	0.255	0.317
07	0.471	0.442	0.489	0.471	0.568	0.553	0.552	0.430	0.359	0.482
09	0.295	0.395	0.318	0.295	0.385	0.348	0.348	0.380	0.287	0.339
10a	0.283	0.445	0.399	0.283	0.396	0.396	0.346	0.405	0.358	0.368
10b	0.207	0.228	0.212	0.207	0.247	0.252	0.250	0.208	0.257	0.230
11	0.206	0.294	0.275	0.206	0.407	0.477	0.488	0.294	0.266	0.324
12	0.350	0.322	0.340	0.350	0.354	0.363	0.369	0.296	0.277	0.336
povp	0.362	0.373	0.391	0.362	0.454	0.450	0.464	0.357	0.356	0.396

Tabela A.17: Izmerjena CA različice 5a učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.387	0.261	0.361	0.387	0.274	0.346	0.343	0.261	0.361	0.331
02	0.478	0.321	0.361	0.476	0.346	0.365	0.377	0.322	0.344	0.377
03	0.416	0.282	0.263	0.416	0.250	0.320	0.341	0.277	0.300	0.318
04	0.502	0.336	0.378	0.502	0.346	0.459	0.385	0.336	0.324	0.396
05	0.399	0.167	0.268	0.399	0.180	0.303	0.357	0.174	0.249	0.277
06	0.346	0.126	0.142	0.346	0.146	0.203	0.212	0.123	0.131	0.197
07	0.471	0.337	0.369	0.471	0.170	0.343	0.375	0.348	0.313	0.355
09	0.295	0.213	0.259	0.295	0.211	0.270	0.254	0.228	0.257	0.254
10a	0.283	0.247	0.248	0.284	0.207	0.162	0.188	0.227	0.242	0.232
10b	0.207	0.148	0.187	0.207	0.225	0.235	0.267	0.142	0.147	0.196
11	0.206	0.190	0.176	0.206	0.238	0.120	0.132	0.181	0.213	0.185
12	0.350	0.198	0.192	0.350	0.160	0.171	0.208	0.197	0.177	0.223
povp	0.362	0.236	0.267	0.362	0.229	0.275	0.287	0.235	0.255	0.278

Tabela A.18: Izmerjena CA različice 5d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.387	0.451	0.513	0.387	0.610	0.563	0.619	0.446	0.500	0.497
02	0.478	0.408	0.481	0.477	0.572	0.560	0.573	0.404	0.447	0.489
03	0.416	0.488	0.473	0.416	0.534	0.552	0.552	0.464	0.458	0.484
04	0.502	0.471	0.592	0.502	0.617	0.605	0.679	0.464	0.576	0.556
05	0.399	0.246	0.391	0.399	0.414	0.445	0.447	0.210	0.320	0.363
06	0.346	0.271	0.260	0.346	0.339	0.365	0.365	0.257	0.288	0.315
07	0.471	0.442	0.490	0.471	0.563	0.550	0.556	0.430	0.416	0.488
09	0.295	0.398	0.333	0.295	0.387	0.348	0.354	0.361	0.308	0.342
10a	0.283	0.443	0.404	0.285	0.401	0.409	0.350	0.422	0.367	0.374
10b	0.207	0.210	0.242	0.207	0.270	0.258	0.262	0.185	0.250	0.232
11	0.206	0.312	0.306	0.206	0.444	0.465	0.470	0.308	0.285	0.334
12	0.350	0.335	0.347	0.350	0.366	0.350	0.345	0.303	0.274	0.336
povp	0.362	0.373	0.403	0.362	0.460	0.456	0.464	0.355	0.374	0.401

Tabela A.19: Izmerjena CA različice 5ad učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.173	0.602	0.549	0.373	0.539	0.433	0.484	0.573	0.557	0.476
02	0.162	0.482	0.495	0.319	0.590	0.423	0.428	0.514	0.562	0.442
03	0.260	0.475	0.449	0.262	0.535	0.407	0.401	0.436	0.534	0.418
04	0.208	0.475	0.414	0.312	0.493	0.379	0.430	0.485	0.498	0.410
05	0.199	0.462	0.465	0.261	0.538	0.437	0.417	0.511	0.518	0.423
06	0.130	0.324	0.302	0.125	0.504	0.237	0.214	0.452	0.460	0.305
07	0.115	0.481	0.405	0.148	0.562	0.299	0.297	0.539	0.510	0.373
09	0.227	0.561	0.495	0.281	0.569	0.361	0.380	0.559	0.567	0.444
10a	0.108	0.598	0.540	0.248	0.558	0.498	0.494	0.586	0.521	0.461
10b	0.240	0.393	0.386	0.234	0.501	0.270	0.273	0.422	0.431	0.350
11	0.366	0.530	0.488	0.371	0.496	0.379	0.367	0.545	0.508	0.450
12	0.167	0.361	0.373	0.171	0.405	0.298	0.225	0.423	0.435	0.318
povp	0.196	0.479	0.447	0.259	0.524	0.368	0.367	0.504	0.508	0.406

Tabela A.20: Izmerjena AUC različice 1 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.173	0.595	0.537	0.404	0.543	0.463	0.483	0.572	0.591	0.485
02	0.162	0.481	0.504	0.334	0.579	0.372	0.371	0.545	0.565	0.435
03	0.260	0.485	0.496	0.297	0.499	0.424	0.412	0.451	0.491	0.424
04	0.208	0.482	0.441	0.341	0.502	0.376	0.403	0.508	0.490	0.417
05	0.199	0.466	0.477	0.279	0.550	0.443	0.468	0.503	0.529	0.435
06	0.130	0.321	0.313	0.127	0.506	0.200	0.196	0.490	0.482	0.307
07	0.115	0.462	0.417	0.146	0.548	0.265	0.266	0.544	0.482	0.361
09	0.227	0.545	0.491	0.277	0.585	0.343	0.356	0.542	0.515	0.431
10a	0.108	0.593	0.503	0.249	0.552	0.481	0.461	0.578	0.571	0.455
10b	0.240	0.386	0.405	0.274	0.484	0.300	0.280	0.449	0.440	0.362
11	0.366	0.556	0.449	0.355	0.514	0.353	0.368	0.566	0.465	0.444
12	0.167	0.369	0.372	0.200	0.400	0.272	0.284	0.412	0.429	0.323
povp	0.196	0.478	0.450	0.274	0.522	0.358	0.362	0.513	0.504	0.406

Tabela A.21: Izmerjena AUC različice 1d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.213	0.570	0.527	0.287	0.568	0.525	0.476	0.547	0.517	0.470
02	0.177	0.480	0.522	0.299	0.544	0.458	0.478	0.508	0.561	0.447
03	0.256	0.571	0.502	0.267	0.526	0.451	0.430	0.541	0.533	0.453
04	0.255	0.460	0.432	0.274	0.500	0.413	0.404	0.451	0.457	0.405
05	0.205	0.410	0.428	0.210	0.441	0.389	0.433	0.455	0.508	0.387
06	0.141	0.371	0.340	0.133	0.460	0.229	0.224	0.462	0.476	0.315
07	0.124	0.482	0.431	0.147	0.503	0.235	0.219	0.554	0.488	0.354
09	0.225	0.503	0.431	0.202	0.537	0.321	0.303	0.489	0.563	0.397
10a	0.116	0.571	0.492	0.202	0.507	0.395	0.414	0.575	0.545	0.424
10b	0.224	0.397	0.346	0.243	0.398	0.254	0.231	0.428	0.415	0.326
11	0.354	0.445	0.428	0.373	0.503	0.391	0.388	0.454	0.517	0.428
12	0.166	0.387	0.359	0.155	0.493	0.275	0.301	0.428	0.464	0.336
povp	0.205	0.471	0.437	0.233	0.498	0.361	0.358	0.491	0.504	0.395

Tabela A.22: Izmerjena AUC različice 2 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.213	0.749	0.784	0.448	0.832	0.828	0.835	0.739	0.750	0.686
02	0.177	0.624	0.697	0.423	0.800	0.712	0.736	0.666	0.691	0.614
03	0.256	0.664	0.684	0.486	0.796	0.723	0.701	0.651	0.627	0.621
04	0.255	0.560	0.663	0.559	0.771	0.608	0.625	0.600	0.659	0.589
05	0.205	0.596	0.662	0.601	0.731	0.734	0.717	0.631	0.651	0.614
06	0.141	0.622	0.504	0.302	0.661	0.424	0.425	0.623	0.573	0.475
07	0.124	0.538	0.587	0.184	0.675	0.347	0.352	0.585	0.584	0.442
09	0.225	0.651	0.601	0.379	0.703	0.491	0.487	0.676	0.658	0.541
10a	0.116	0.724	0.677	0.314	0.781	0.641	0.653	0.734	0.683	0.591
10b	0.224	0.455	0.389	0.259	0.421	0.291	0.274	0.456	0.401	0.352
11	0.354	0.589	0.638	0.358	0.680	0.526	0.519	0.541	0.597	0.534
12	0.166	0.578	0.590	0.505	0.725	0.561	0.560	0.608	0.610	0.545
povp	0.205	0.613	0.623	0.401	0.715	0.574	0.574	0.626	0.624	0.550

Tabela A.23: Izmerjena AUC različice 2a učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.213	0.570	0.559	0.311	0.569	0.527	0.519	0.556	0.559	0.487
02	0.177	0.480	0.514	0.310	0.544	0.451	0.486	0.504	0.553	0.447
03	0.256	0.569	0.514	0.263	0.534	0.448	0.426	0.556	0.520	0.454
04	0.255	0.460	0.431	0.264	0.491	0.368	0.345	0.458	0.442	0.390
05	0.205	0.412	0.425	0.203	0.444	0.402	0.391	0.460	0.479	0.380
06	0.141	0.363	0.322	0.131	0.467	0.229	0.225	0.455	0.460	0.310
07	0.124	0.471	0.476	0.147	0.504	0.217	0.224	0.544	0.501	0.356
09	0.225	0.503	0.435	0.215	0.537	0.319	0.305	0.484	0.548	0.397
10a	0.116	0.562	0.507	0.200	0.503	0.409	0.408	0.567	0.562	0.426
10b	0.224	0.370	0.327	0.221	0.419	0.262	0.249	0.442	0.398	0.324
11	0.354	0.437	0.448	0.329	0.504	0.379	0.387	0.447	0.456	0.416
12	0.166	0.383	0.343	0.156	0.500	0.290	0.304	0.433	0.429	0.334
povp	0.205	0.465	0.442	0.229	0.501	0.358	0.356	0.492	0.492	0.393

Tabela A.24: Izmerjena AUC različice 2d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.213	0.741	0.809	0.515	0.829	0.855	0.874	0.737	0.775	0.705
02	0.177	0.623	0.709	0.422	0.791	0.728	0.757	0.671	0.734	0.624
03	0.256	0.663	0.733	0.492	0.801	0.723	0.722	0.636	0.702	0.636
04	0.255	0.559	0.704	0.545	0.757	0.627	0.666	0.594	0.706	0.601
05	0.205	0.599	0.690	0.659	0.732	0.738	0.757	0.624	0.675	0.631
06	0.141	0.544	0.489	0.303	0.652	0.429	0.429	0.579	0.585	0.461
07	0.124	0.513	0.604	0.279	0.668	0.347	0.350	0.578	0.596	0.451
09	0.225	0.651	0.611	0.304	0.714	0.497	0.517	0.669	0.668	0.540
10a	0.116	0.710	0.678	0.274	0.779	0.658	0.675	0.737	0.725	0.595
10b	0.224	0.434	0.369	0.285	0.488	0.343	0.329	0.430	0.443	0.372
11	0.354	0.579	0.669	0.373	0.655	0.524	0.536	0.638	0.598	0.547
12	0.166	0.568	0.590	0.521	0.720	0.570	0.569	0.602	0.593	0.544
povp	0.205	0.599	0.638	0.414	0.716	0.587	0.598	0.625	0.650	0.559

Tabela A.25: Izmerjena AUC različice 2ad učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.217	0.535	0.550	0.277	0.565	0.497	0.528	0.552	0.515	0.471
02	0.192	0.471	0.480	0.305	0.558	0.391	0.380	0.520	0.515	0.424
03	0.268	0.560	0.533	0.274	0.509	0.433	0.415	0.559	0.552	0.456
04	0.266	0.469	0.447	0.290	0.517	0.372	0.427	0.476	0.460	0.414
05	0.209	0.437	0.455	0.214	0.485	0.391	0.356	0.436	0.523	0.390
06	0.149	0.390	0.322	0.134	0.453	0.200	0.203	0.434	0.399	0.298
07	0.120	0.515	0.410	0.133	0.473	0.214	0.257	0.536	0.478	0.348
09	0.227	0.528	0.461	0.201	0.537	0.319	0.297	0.535	0.525	0.403
10a	0.119	0.563	0.567	0.196	0.550	0.458	0.435	0.571	0.564	0.447
10b	0.218	0.390	0.338	0.226	0.438	0.228	0.214	0.423	0.406	0.320
11	0.347	0.469	0.448	0.366	0.489	0.380	0.385	0.487	0.479	0.428
12	0.168	0.414	0.351	0.149	0.454	0.263	0.261	0.427	0.425	0.324
povp	0.208	0.478	0.447	0.230	0.502	0.346	0.347	0.496	0.487	0.393

Tabela A.26: Izmerjena AUC različice 3 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.217	0.708	0.775	0.499	0.838	0.827	0.856	0.688	0.722	0.681
02	0.192	0.627	0.626	0.517	0.736	0.672	0.695	0.641	0.647	0.595
03	0.268	0.699	0.708	0.571	0.799	0.799	0.797	0.688	0.670	0.667
04	0.266	0.528	0.677	0.541	0.778	0.648	0.662	0.591	0.668	0.595
05	0.209	0.590	0.626	0.666	0.699	0.667	0.668	0.595	0.614	0.593
06	0.149	0.649	0.489	0.367	0.651	0.402	0.382	0.655	0.557	0.478
07	0.120	0.567	0.602	0.226	0.679	0.339	0.240	0.579	0.570	0.436
09	0.227	0.661	0.611	0.432	0.698	0.536	0.533	0.672	0.625	0.555
10a	0.119	0.710	0.676	0.309	0.732	0.595	0.591	0.726	0.662	0.569
10b	0.218	0.437	0.458	0.303	0.463	0.362	0.374	0.453	0.469	0.393
11	0.347	0.589	0.594	0.483	0.681	0.514	0.526	0.614	0.586	0.548
12	0.168	0.621	0.571	0.530	0.697	0.521	0.506	0.624	0.592	0.537
povp	0.208	0.616	0.618	0.454	0.704	0.574	0.569	0.627	0.615	0.554

Tabela A.27: Izmerjena AUC različice 3a učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.217	0.535	0.565	0.296	0.560	0.480	0.540	0.551	0.527	0.475
02	0.192	0.470	0.474	0.304	0.550	0.403	0.423	0.519	0.530	0.429
03	0.268	0.560	0.530	0.278	0.513	0.427	0.425	0.566	0.512	0.453
04	0.266	0.469	0.448	0.296	0.524	0.356	0.436	0.473	0.463	0.415
05	0.209	0.437	0.427	0.207	0.478	0.394	0.350	0.441	0.521	0.385
06	0.149	0.389	0.316	0.133	0.462	0.182	0.196	0.440	0.426	0.299
07	0.120	0.496	0.426	0.137	0.475	0.189	0.181	0.535	0.465	0.336
09	0.227	0.527	0.453	0.211	0.551	0.309	0.296	0.527	0.527	0.403
10a	0.119	0.561	0.545	0.190	0.550	0.449	0.424	0.563	0.575	0.442
10b	0.218	0.360	0.342	0.253	0.436	0.260	0.252	0.422	0.377	0.324
11	0.347	0.462	0.432	0.331	0.512	0.380	0.352	0.487	0.432	0.415
12	0.168	0.407	0.339	0.156	0.457	0.259	0.250	0.427	0.421	0.320
povp	0.208	0.473	0.441	0.233	0.506	0.341	0.344	0.496	0.481	0.391

Tabela A.28: Izmerjena AUC različice 3d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.217	0.701	0.777	0.466	0.838	0.828	0.874	0.685	0.762	0.683
02	0.192	0.623	0.644	0.476	0.737	0.676	0.703	0.643	0.658	0.595
03	0.268	0.688	0.740	0.581	0.791	0.803	0.805	0.675	0.719	0.674
04	0.266	0.528	0.685	0.558	0.778	0.652	0.677	0.592	0.703	0.604
05	0.209	0.587	0.617	0.658	0.691	0.673	0.677	0.581	0.635	0.592
06	0.149	0.540	0.503	0.354	0.651	0.398	0.388	0.623	0.583	0.465
07	0.120	0.543	0.595	0.257	0.684	0.383	0.383	0.573	0.599	0.460
09	0.227	0.663	0.625	0.374	0.697	0.536	0.543	0.672	0.642	0.553
10a	0.119	0.697	0.680	0.315	0.733	0.603	0.612	0.725	0.679	0.574
10b	0.218	0.413	0.467	0.302	0.489	0.399	0.407	0.426	0.466	0.399
11	0.347	0.581	0.625	0.467	0.670	0.515	0.516	0.622	0.595	0.549
12	0.168	0.603	0.555	0.520	0.695	0.525	0.503	0.616	0.587	0.530
povp	0.208	0.597	0.626	0.444	0.704	0.583	0.591	0.619	0.636	0.556

Tabela A.29: Izmerjena AUC različice 3ad učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.222	0.535	0.504	0.273	0.534	0.522	0.528	0.545	0.496	0.462
02	0.193	0.479	0.476	0.279	0.511	0.398	0.388	0.526	0.521	0.419
03	0.279	0.556	0.526	0.299	0.494	0.469	0.474	0.557	0.494	0.461
04	0.258	0.483	0.450	0.276	0.535	0.382	0.377	0.510	0.489	0.418
05	0.206	0.427	0.437	0.204	0.490	0.335	0.320	0.442	0.504	0.374
06	0.153	0.402	0.333	0.143	0.478	0.224	0.237	0.449	0.407	0.314
07	0.125	0.536	0.442	0.135	0.430	0.189	0.212	0.526	0.456	0.339
09	0.233	0.531	0.454	0.219	0.527	0.340	0.321	0.542	0.515	0.409
10a	0.124	0.560	0.554	0.190	0.545	0.437	0.415	0.573	0.545	0.438
10b	0.220	0.407	0.334	0.222	0.480	0.277	0.275	0.417	0.381	0.335
11	0.340	0.466	0.446	0.363	0.497	0.411	0.357	0.488	0.524	0.432
12	0.169	0.408	0.340	0.155	0.440	0.258	0.231	0.429	0.439	0.319
povp	0.210	0.483	0.441	0.230	0.497	0.353	0.345	0.500	0.481	0.393

Tabela A.30: Izmerjena AUC različice 4 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.222	0.686	0.758	0.558	0.825	0.835	0.859	0.673	0.697	0.679
02	0.193	0.596	0.596	0.382	0.737	0.660	0.667	0.588	0.621	0.560
03	0.279	0.717	0.724	0.572	0.764	0.783	0.783	0.701	0.685	0.668
04	0.258	0.551	0.702	0.626	0.774	0.663	0.679	0.614	0.718	0.621
05	0.206	0.548	0.578	0.587	0.683	0.608	0.599	0.542	0.571	0.547
06	0.153	0.624	0.497	0.350	0.655	0.408	0.408	0.619	0.570	0.476
07	0.125	0.595	0.573	0.330	0.742	0.343	0.342	0.597	0.587	0.470
09	0.233	0.674	0.636	0.414	0.686	0.544	0.545	0.677	0.643	0.561
10a	0.124	0.722	0.697	0.300	0.734	0.624	0.583	0.741	0.697	0.580
10b	0.220	0.456	0.410	0.265	0.524	0.382	0.382	0.464	0.447	0.394
11	0.340	0.606	0.627	0.522	0.682	0.513	0.513	0.626	0.534	0.551
12	0.169	0.633	0.540	0.523	0.671	0.487	0.472	0.634	0.566	0.522
povp	0.210	0.617	0.612	0.452	0.706	0.571	0.569	0.623	0.611	0.552

Tabela A.31: Izmerjena AUC različice 4a učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.222	0.535	0.511	0.285	0.531	0.526	0.541	0.546	0.502	0.467
02	0.193	0.479	0.471	0.290	0.516	0.384	0.384	0.525	0.510	0.417
03	0.279	0.553	0.530	0.296	0.505	0.467	0.459	0.550	0.511	0.461
04	0.258	0.483	0.456	0.286	0.538	0.369	0.411	0.518	0.485	0.423
05	0.206	0.428	0.397	0.198	0.485	0.330	0.313	0.444	0.477	0.364
06	0.153	0.387	0.332	0.148	0.478	0.215	0.217	0.450	0.426	0.312
07	0.125	0.509	0.465	0.134	0.416	0.188	0.208	0.523	0.471	0.338
09	0.233	0.531	0.448	0.217	0.525	0.326	0.314	0.540	0.516	0.406
10a	0.124	0.558	0.548	0.190	0.546	0.434	0.422	0.565	0.541	0.436
10b	0.220	0.374	0.332	0.234	0.465	0.308	0.289	0.409	0.383	0.335
11	0.340	0.458	0.473	0.320	0.496	0.408	0.401	0.481	0.490	0.430
12	0.169	0.403	0.334	0.154	0.416	0.255	0.241	0.430	0.416	0.313
povp	0.210	0.475	0.441	0.229	0.493	0.351	0.350	0.498	0.477	0.392

Tabela A.32: Izmerjena AUC različice 4d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.222	0.679	0.770	0.523	0.823	0.834	0.867	0.669	0.718	0.678
02	0.193	0.596	0.611	0.397	0.739	0.659	0.662	0.587	0.626	0.563
03	0.279	0.707	0.730	0.543	0.772	0.785	0.773	0.688	0.705	0.665
04	0.258	0.551	0.718	0.634	0.766	0.646	0.692	0.614	0.728	0.623
05	0.206	0.537	0.583	0.607	0.691	0.611	0.604	0.538	0.574	0.550
06	0.153	0.534	0.490	0.336	0.654	0.404	0.404	0.604	0.569	0.461
07	0.125	0.563	0.561	0.336	0.720	0.346	0.347	0.608	0.581	0.465
09	0.233	0.680	0.653	0.446	0.693	0.542	0.544	0.684	0.611	0.565
10a	0.124	0.706	0.694	0.318	0.723	0.629	0.593	0.741	0.694	0.580
10b	0.220	0.420	0.408	0.292	0.549	0.404	0.404	0.429	0.450	0.397
11	0.340	0.596	0.610	0.426	0.678	0.518	0.518	0.643	0.567	0.544
12	0.169	0.618	0.543	0.508	0.682	0.487	0.474	0.625	0.574	0.520
povp	0.210	0.599	0.614	0.447	0.707	0.572	0.574	0.619	0.616	0.551

Tabela A.33: Izmerjena AUC različice 4ad učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.225	0.544	0.499	0.277	0.534	0.506	0.566	0.562	0.517	0.470
02	0.191	0.471	0.494	0.291	0.540	0.382	0.365	0.510	0.526	0.419
03	0.292	0.561	0.518	0.324	0.522	0.541	0.507	0.544	0.514	0.480
04	0.253	0.466	0.460	0.267	0.534	0.342	0.371	0.509	0.473	0.408
05	0.208	0.432	0.422	0.201	0.463	0.320	0.295	0.432	0.519	0.366
06	0.152	0.407	0.329	0.141	0.467	0.210	0.215	0.447	0.442	0.312
07	0.128	0.515	0.479	0.138	0.421	0.185	0.212	0.540	0.478	0.344
09	0.229	0.535	0.464	0.236	0.524	0.306	0.283	0.537	0.541	0.406
10a	0.132	0.547	0.556	0.201	0.517	0.439	0.410	0.565	0.566	0.437
10b	0.219	0.402	0.341	0.221	0.466	0.274	0.257	0.405	0.422	0.334
11	0.341	0.469	0.465	0.361	0.491	0.367	0.365	0.495	0.519	0.430
12	0.171	0.411	0.348	0.158	0.461	0.240	0.224	0.440	0.442	0.322
povp	0.212	0.480	0.448	0.235	0.495	0.343	0.339	0.499	0.497	0.394

Tabela A.34: Izmerjena AUC različice 5 učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.225	0.677	0.761	0.429	0.809	0.786	0.854	0.664	0.700	0.656
02	0.191	0.569	0.611	0.435	0.737	0.628	0.628	0.582	0.629	0.557
03	0.292	0.687	0.703	0.551	0.756	0.808	0.808	0.685	0.687	0.664
04	0.253	0.543	0.693	0.513	0.757	0.616	0.662	0.610	0.711	0.595
05	0.208	0.494	0.566	0.482	0.656	0.554	0.548	0.478	0.602	0.510
06	0.152	0.613	0.457	0.316	0.644	0.376	0.376	0.617	0.531	0.454
07	0.128	0.550	0.596	0.348	0.774	0.366	0.368	0.577	0.596	0.478
09	0.229	0.659	0.587	0.419	0.680	0.515	0.502	0.676	0.587	0.539
10a	0.132	0.739	0.711	0.336	0.683	0.632	0.570	0.757	0.682	0.582
10b	0.219	0.454	0.425	0.248	0.480	0.353	0.355	0.463	0.490	0.387
11	0.341	0.606	0.566	0.365	0.640	0.496	0.480	0.618	0.520	0.515
12	0.171	0.639	0.546	0.527	0.639	0.499	0.485	0.641	0.557	0.523
povp	0.212	0.602	0.602	0.414	0.688	0.552	0.553	0.614	0.608	0.538

Tabela A.35: Izmerjena AUC različice 5a učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.225	0.544	0.505	0.280	0.530	0.493	0.551	0.563	0.533	0.469
02	0.191	0.472	0.491	0.298	0.543	0.376	0.368	0.513	0.518	0.419
03	0.292	0.560	0.533	0.313	0.506	0.525	0.482	0.544	0.522	0.475
04	0.253	0.466	0.460	0.270	0.524	0.344	0.377	0.511	0.486	0.410
05	0.208	0.434	0.407	0.201	0.477	0.319	0.306	0.434	0.509	0.366
06	0.152	0.391	0.312	0.141	0.459	0.208	0.208	0.443	0.427	0.305
07	0.128	0.487	0.506	0.140	0.420	0.189	0.198	0.537	0.460	0.341
09	0.229	0.535	0.458	0.217	0.523	0.302	0.280	0.538	0.530	0.401
10a	0.132	0.550	0.550	0.205	0.516	0.440	0.421	0.560	0.538	0.435
10b	0.219	0.373	0.338	0.235	0.467	0.295	0.254	0.398	0.395	0.330
11	0.341	0.461	0.471	0.289	0.510	0.370	0.359	0.469	0.508	0.420
12	0.171	0.404	0.332	0.163	0.463	0.237	0.225	0.435	0.437	0.319
povp	0.212	0.473	0.447	0.229	0.495	0.341	0.336	0.495	0.489	0.391

Tabela A.36: Izmerjena AUC različice 5d učnih primerov.

Alb	maj	by	kn	rf	svml	svm	svme	bsby	bskn	povp
01	0.225	0.670	0.769	0.463	0.810	0.813	0.846	0.663	0.709	0.663
02	0.191	0.572	0.610	0.455	0.738	0.638	0.643	0.580	0.627	0.562
03	0.292	0.678	0.721	0.550	0.754	0.807	0.807	0.671	0.712	0.666
04	0.253	0.545	0.703	0.475	0.760	0.622	0.670	0.608	0.724	0.596
05	0.208	0.492	0.574	0.464	0.654	0.560	0.555	0.480	0.603	0.510
06	0.152	0.526	0.455	0.332	0.642	0.376	0.376	0.608	0.548	0.446
07	0.128	0.532	0.598	0.351	0.764	0.368	0.371	0.575	0.619	0.478
09	0.229	0.653	0.610	0.424	0.679	0.519	0.505	0.677	0.602	0.544
10a	0.132	0.718	0.718	0.326	0.690	0.640	0.581	0.760	0.682	0.583
10b	0.219	0.420	0.430	0.250	0.501	0.371	0.376	0.418	0.484	0.385
11	0.341	0.596	0.580	0.467	0.672	0.502	0.512	0.635	0.594	0.544
12	0.171	0.623	0.557	0.524	0.648	0.496	0.479	0.627	0.559	0.520
povp	0.212	0.585	0.610	0.423	0.693	0.559	0.560	0.608	0.622	0.541

Tabela A.37: Izmerjena AUC različice 5ad učnih primerov.

Literatura

- [1] Eva Ferkova, Milan Ždimal and Peter Šidlik, “Chordal Evaluation in MIDI-Based Harmonic Analysis: Mozart, Schubert, and Brahms”, *Academy of Music and Drama Arts, Bratislava*, 2007
- [2] Robert Rowe, “Machine Musicianship”, *The MIT Press*, 2004
- [3] “SongSmith”, Microsoft Research; dostopno na:
<http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/projects/songsmith/>
- [4] “SoundCloud — Share Your Sounds”; dostopno na:
<http://www.soundcloud.com>
- [5] Orange: Data Mining Fruitful & Fun; dostopno na:
<http://orange.biolab.si>
- [6] MIDI Tech Specs & Info; dostopno na:
<http://www.midi.org/techspecs/>
- [7] The Beatles Annotations; dostopno na:
<http://isophonics.net/content/reference-annotations-beatles>
- [8] “Band-In-A-Box”, PG Music Inc.; dostopno na:
<http://www.pgmusic.com/>
- [9] Ian Simon, Dan Morris, Sumit Basu, “MySong: Automatic Accompaniment Generation for Vocal Melodies”, CHI 2008; dostopno na:

<http://research.microsoft.com/en-us/um/people/dan/mysong/MySongCHI2008.pdf>

- [10] Dan Gang and Daniel Lehmann, “An Artificial Neural Net for Harmonizing Melodies”, *Institute of Computer Science Hebrew University, Israel*, 1995
- [11] Matevž Jekovec, “Računalniška analiza tem v skladbah”, *Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko*, 2010
- [12] “MusicXML”; dostopno na:
<http://www.musicxml.com>
- [13] “The Beatles Complete Scores — Full Transcriptions From The Original Recordings”, *Hal Leonard*, 1993
- [14] Reaper - Digital Audio Workstation; dostopno na:
<http://www.reaper.fm/>
- [15] “music21: a toolkit for computer-aided musicology”; dostopno na:
<http://web.mit.edu/music21/>
- [16] “LIBLINEAR — A Library for Large Linear Classification”; dostopno na: <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/liblinear/>
- [17] <http://orange.biolab.si/docs/latest/reference/rst/Orange.classification/>
- [18] <http://orange.biolab.si/docs/latest/reference/rst/Orange.ensemble/>
- [19] Kononenko Igor, “Strojno učenje”, Založba FE in FRI, Ljubljana, 2005

Datum dostopa do vseh spletnih virov: Maj 2014